

# Propiedades físico-químicas y funcionales de los bananos de postres, plátanos de cocción y FHIA híbridos: preferencia varietal de los consumidores en Colombia.

Dufour D.<sup>1&2</sup> ; Giraldo A.<sup>2</sup> ; Gibert O.<sup>1</sup> ; Sánchez T.<sup>2</sup> ; Reynes M.<sup>1</sup> ; González A.<sup>2</sup> ; Fernández A.<sup>3</sup> ; Díaz A.<sup>3</sup>

1. CIRAD-PERSYST, UMR Qualisud, 73 rue Jean-François Breton - TA B-95 / 16 - 34398 Montpellier Cedex 5, Francia.
2. CIAT, Km17 Recta Cali-Palmira, A.A. 6713, Cali, Colombia.
3. UNIVALLE, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Ciudad Universitaria Melendez, A.A. 25360, Cali – Colombia.

## **Abstract**

Twenty three varieties of *Musa* sp. belonging to different genetic groups (dessert bananas, cooking bananas, hybrids of FHIA) and consumed in Colombia were described. Physical and morphological characteristics of bananas or peeled bananas (bunch, raquis, hands, fingers weights; number of hands and number of fingers per hand, specific gravity of hands and fingers, lengths and girths of fingers, peel percentage, yield of edible food ); physicochemical characteristics of pulp (dry matter, mineral content : potassium, calcium, magnesium) and starch (gelatinization temperature, amylose content) as well as functional properties of flours (RVA viscoamylogram) were investigated.

Cooking bananas have wider size and diameter than dessert bananas. Colombian plantains used in the industry have a peel percentage in the 35-39% of the fruit fresh weight. Peel percentage observed among clones was between 24 to 47%.

Some significant differences ( $P \leq 0.01$ ) among dry matters were shown between genetic groups of green fruits: FHIA dessert hybrids (24.6%) < dessert bananas (29.4%) < non-plantain cooking bananas (32.0%) < FHIA cooking hybrids (34.2%) < plantains (41.1%). The specific gravity parameters measured on hands, fruits or peeled fruits were not relevant to precisely estimate the dry weight of fruits.

Mineral content (per 100 g/dry matter) analyses of all varieties revealed large variation, such as 814 and 1550 mg of potassium; 5 and 32 mg of calcium; 85 and 141mg of magnesium. Plantain group had significantly lower calcium and Magnesium content than the other genetic groups, with 8.4 and 90.7 mg/100g dry matter respectively. Onset temperature of starch varied from 59.7 to 67.8°C and permitted to significantly differentiate ( $P \leq 0.01$ ) dessert bananas (63.2°C) < non-plantain cooking bananas (65.7°C) < FHIA hybrids (66.6°C) < plantains (67.1°C). The amylose amounts of starches varied from 15.4% to 24.9%. Amylose percentage permitted to significantly differentiate cooking bananas <19% from the cooking bananas >21% ( $P \leq 0.01$ ). Rheological properties showed that the pasting temperature was relevant to differentiate dessert banana flour (69.5°C) < FHIA dessert hybrids and non-plantain cooking bananas (72.8°C) < cooking hybrids and plantains (75.8°C). The cooking ability criterion also helped to differentiate dessert banana + FHIA hybrids (236s) from cooking bananas (183s) at  $P \leq 0.01$ .

This investigation permits a better understanding of behind the adoption of the varieties by producers and the preferences of the consumers according to the consumption mode, using morphological, physicochemical and rheological criteria obtained from the pulps and the flours of the studied Musaceae.

## **Resumen**

23 variedades de *Musa* sp. de diferentes grupos genéticos (banano de postre y banano de cocción, híbridos FHIA) consumido en Colombia han sido descritas. Las características físicas y morfológicas de los frutos enteros o pelados (peso del racimo, del vástago, de las manos y dedos, número de dedos por mano, densidad de mano y de dedos, largo perímetro de los dedos, porcentaje de cáscara, fracción comestible); las características físico-químicas de la pulpa (Materia seca, contenido de minerales, potasio, calcio, magnesio) y del almidón (temperatura de gelatinización onset, porcentaje de amilosa) así como las propiedades funcionales de las harinas (viscoamilogramas RVA) han sido estudiados.

Los plátanos de cocción son más grandes, incluyendo longitud y diámetro que los bananos de postres. El sub-grupo Plantain de uso industrial en Colombia presenta entre 35 a 39% de cáscara. El contenido de cáscara entre los clones analizados varió entre 24% y 47% (sin tomar en cuenta el vástago). Se

encontraron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre grupos genéticos consumidos en el contenido de materia seca de los frutos verdes: híbridos FHIA de postre (24.6%) < bananos de postre (29.4%) < plátanos de cocción (exceptuando sub-grupo Plantains) (32.0%) < Híbridos FHIA de cocción (34.2%) < Plantains (41.1%). La evaluación de la densidad no permite estimar la materia seca de los frutos de manera precisa. El contenido mineral en las variedades estudiadas presentó un rango entre 814 y 550 mg de Potasio; 5 a 32 mg de Calcio; 85 a 141 mg de Magnesio por cada 100 g de materia seca (MS). El sub-grupo Plantain tiene contenidos significativamente inferior en El contenido de Calcio y Magnésium, 8.4 y 90.7 mg/100g de MS respectivamente, fue significativamente menor ( $P < 0.05$ ) en el sub-grupo Plantain que en los otros grupos. La temperatura de gelatinización ONSET del almidón varía entre 59,7 y 67,8°C y permite diferenciar ( $P < 0.01$ ) los diferentes grupos: bananos de postre (63,2°C) < banano de cocción exceptuando Plantains (65,7°C) < híbridos FHIA (66,6°C) < Plantains (67,1°C). El contenido de amilosa de las musáceas varía entre 15.4% y 24.9% y permite diferenciar ( $P < 0.01$ ) los bananos de postre < 19%, de los plátanos de cocción > 21%. El análisis de las propiedades reológicas demuestra que la temperatura de empastamiento permite diferenciar ( $P < 0.01$ ) las harinas de bananos de postre (69.5°C) < híbridos FHIA de postre + plátanos de cocción (exceptuando el sub-grupo Plantain) (72.8°C) < híbridos FHIA de cocción + Plantain (75.8°C). La evaluación de la facilidad de cocción permite diferenciar ( $P < 0.05$ ) los bananos de postres + híbridos FHIA (236 s) de los plátanos de cocción (183 s). El estudio pone en evidencia una relación entre las preferencias de uso de las diferentes musáceas por los consumidores con las propiedades físico-químicas, reológicas de las pulpas, harinas y almidones. Este trabajo permite proponer nuevos métodos de análisis para diferenciar las variedades de musáceas y predecir sus comportamientos en la cocción.

## **Résumé**

23 Variétés de *Musa sp.* de différents groupes génétiques (banane dessert et bananes à cuire, hybrides FHIA) consommées en Colombie ont été décrites. Les caractéristiques physiques et morphologiques des fruits entiers ou pelés (Poids du régime, du raquis, des mains et des doigts ; nombre de mains et de doigts par main, densité des mains et des doigts, longueur et périmètre des doigts, pourcentage de peau, fraction comestible) ; les caractéristiques physicochimiques de la pulpe des fruits (Matière sèche, teneur en minéraux : Potassium, Calcium, Magnésium) et de l'amidon (Température de gélatinisation Onset, pourcentage d'amylose) ainsi que les propriétés fonctionnelles des farines (viscoamylogramme RVA) ont été étudiées.

Les bananes à cuire sont de plus grande taille et de plus gros diamètre que les bananes dessert. Les plantains d'utilisation industrielle en Colombie présentent entre 35 et 39% de peau. Une variation entre clones très importante a été mise en évidence entre 24% et 47% de peau.

Des différences significatives ( $P < 0.01$ ) entre groupe génétiques ont été mises en évidence par l'analyse de la teneur en matière sèche des fruits verts : hybrides FHIA dessert (24.6%) < bananes dessert (29.4%) < bananes à cuire (hors groupe plantain) (32.0%) < Hybrides FHIA à cuire (34.2%) < plantains (41.1%). La mesure de densité sur les mains ou fruits entiers ou pelés ne permet pas d'évaluer la matière sèche des fruits avec précision.

L'analyse de minéraux montre que toutes les variétés étudiées ont une teneur comprise entre 814 et 1550 mg de Potassium; 5 à 32 mg de Calcium ; 85 à 141 mg de Magnésium pour 100g de MS. Le groupe plantain présente des teneurs significativement inférieures de Calcium et Magnésium aux autres groupes génétiques avec une teneur respective de 8.4 et 90.7 mg/100g de MS ( $P < 0.05$ ). La température de gélatinisation Onset de l'amidon varie entre 59,7 et 67,8°C et permet de différencier ( $P < 0.01$ ) : bananes dessert (63,2°C) < banane à cuire hormis plantain (65,7°C) < hybrides FHIA (66,6°C) < Plantains (67,1°C). La teneur en amylose des amidons de musacées est comprise entre 15.4% et 24.9%. La teneur en amylose permet de différencier les bananes dessert < 19% des bananes à cuire > 21% ( $P < 0.01$ ). L'analyse des propriétés rhéologique montre que la température d'empesage des farines permet de différencier les farines de banane dessert (69.5°C) < Hybrides FHIA dessert + banane à cuire (hors plantain) (72.8°C) < hybrides FHIA à cuire + plantain (75.8°C) ( $P < 0.01$ ). L'évaluation de la facilité de cuisson permet aussi de différencier les bananes dessert + hybrides FHIA (236 s.) des bananes à cuire (183 s). ( $P < 0.05$ ).

L'étude a permis de mettre en évidence une relation entre les choix et les préférences d'usage des consommateurs avec les propriétés physicochimiques et rhéologiques des pulpes, farines et amidons de musacées. Ces travaux permettent aujourd'hui de proposer de nouvelles méthodes d'analyses pour différencier les variétés et la prédiction de leurs comportements à la cuisson.

## **INTRODUCCIÓN**

El cultivo del banano de postre y del plátano de cocción en el mundo (104,3 millones de toneladas en 2006) esta basado en unas pocas variedades de los diferentes grupos genéticos existentes. Específicamente, para banano de postre el sub-grupo Cavendish representa 46,6 millones de toneladas y Gros Michel y otros como bocadillo (Colombia), aportan 12,3 millones de toneladas. Para los plátanos de cocción, el grupo Plantain tiene una produccion de 18,8 millones de toneladas y los otros plátanos de cocción suman 26,5 millones de toneladas. Para el banano de postre los mayores productores son, en millones de toneladas (mt): India (9,4 mt) ; Brazil (6,6 mt) ; China (6,1 mt) ; Ecuador ( 5,7 mt); Filipinas (4,3 mt) y Colombia (2,5 mt). Los países de mayor exportación de banano de postre son Ecuador con 4,5 mt (79% de su producción) ; Costa Rica 2,0 mt ( 91%) ; Filipinas 1,9 mt (43%) ; Colombia 1,6 mt ( 64%). **(Lescot ; 2008).**

Colombia es el primer productor mundial de plátano de cocción del grupo Plantain con 3 millones de toneladas. Ecuador y Colombia son los primeros exportadores mundiales del grupo Plantain (Barraganete, Dominico, Dominico Hartón, Hartón) con un promedio de 130 000 toneladas para cada país representando el 4,1% de la producción en Colombia y el 21,7% de la producción en Ecuador. La producción de plátano de cocción representa 43,5% de las musáceas comestibles en el mundo. Las variedades de plátanos Hartón, Dominico hartón y Dominico, del sub-grupo Plantain, aportan el 18% de la producción mundial (41,7% del total de los plátanos de cocción en el mundo). Estas tres variedades son las más exportadas y las más utilizadas en procesos agroindustriales.

En muchos países tropicales la agricultura está basada en una producción poco intensiva la cual contribuye a mantener la diversidad de las plantas comestibles, y a generar ingresos en la zona rural. En el caso de las musáceas, diferentes grupos genéticos cohabitan en las parcelas de los pequeños agricultores. Estos grupos genéticos son generalmente destinados al autoconsumo familiar y no se encuentran en los mercados locales o nacionales. En Colombia exceptuando el grupo Plantain, se produce y se consume localmente alrededor de 400.000 toneladas de plátano de cocción entre los cuales se destacan: AAB (Guayabo), ABB (Cachaco, Pelipita), plátano de altura AAAea (Guineo), entre otros **(Arcila Pulgarín ; 2002), (Herrera M. & Aristizábal Loaiza ; 2003) (Morales et al. ; 2000), (Price ; 1999), (Lescot , 1993).** Hasta la actualidad los trabajos de los mejoradores se han enfocado a la resistencia a plagas y enfermedades sin tomar en cuenta los criterios

fisicoquímicos y de composición de la pulpa dejando a un lado las características funcionales, sensoriales y organolépticas de los frutos. Se reconoce que los híbridos de la FHIA, muy productivos y muy resistentes a enfermedades, han sido poco adoptados por falta de sabores y aromas **(Nowakunda et al.; 2000), (Dzomeku et al.; 2006)**. Algunas publicaciones reportan la diversidad de productos tradicionales consumidos en diferentes partes del mundo, en base de banano y plátano **(Aboua ; 1994), (Cable ; 1983), (Dadzie & Wainwright ; 1995), (Davey et al. ; 2007), (FAO ; 1990) (Mosso et al. ; 1991), (Ngoh Newilah et al. ; 2005), (Tchango Tchango & Ngalani ; 1999), (Wainwright ; 1992)** pero muy pocos autores ponen en relación la preferencia varietal de los consumidores en término de usos de las musáceas, en particular sobre las variedades menores, cultivadas por los pequeños agricultores. Los únicos trabajos publicados que hacen consideren las preferencias o adopción de variedad en relación con un tipo de preparación o de consumo, fueron principalmente realizados en África y Pacífico **(Aked & Kyamuhangire ; 1996), (Almazan ; 1990), (Dury et al. ; 2002), (Englberger et al. ; 2003), ( Ferris et al. ; 1999), (Gensi-Mafara et al. ; 1994), (Gold et al. ; 2002), (Lemchi et al. : 2005), (Mengue Efaden et al. 2003), (Vigheri ; 1999)**.

Un trabajo previo llevado a cabo, en Colombia, en colaboración entre la Universidad del Valle, el CIRAD y el CIAT, permitió identificar los clones cultivados por los pequeños productores del norte del departamento del Cauca y recolectar la información sobre las formas de consumo de dichos clones **(Tabla 1)**, poniendo en evidencia la diversidad cultivada y su importancia en la dieta **(Dufour et al. ; 2007) (Quintero & Garcia ; 2008)**.

**Tabla 1:** Diagnostico de las preferencias y formas de uso de las musáceas comestibles con pequeños productores en el norte del Departamento del Cauca, Colombia.

	Nombre (Puerto Tejada)	Preferencias de usos	Observaciones
<b>Banano</b>	<b>Bocadillo, Mantequilla o Sedito</b>	Fresco, torta de banano	Excelente
	<b>Gros Michel</b>	Fresco, jugo, torta de banano	Excelente
	<b>Tafetan morado o Manzano</b>	Alimentación animal y pájaros	Nadie lo come, la gente piensa que es veneno porque es de piel roja
	<b>Rollizo o Indio o Pimeo</b>	Alimentación animal, también se consume en fresco o jugos.	Poco sabor, se consume muy poco.

<b>Plátano de cocción</b>	<b>África o Panameño</b>	Sopas y patacones	Problema de textura y color (no se deja moldear), mas blando que el dominico Hartón
	<b>Cachaco o Popocho o Topocho</b>	Alimentación animal, harinas, coladas, sopas	Existe 2 variedades Cachaco Común y Cachaco Rucio
	<b>Cubano blanco o Rabo de mula</b>	Aborrajado, asados, sopas, patacones	Muy sabroso maduro, mas apreciado para aborrajado que el guayabo, se asa fácilmente.
	<b>Cubano negro</b>	Sopas, patacones, asados	En vía de desaparición en la zona. Se pone duro cuando se enfría. Madura muy rápido.
	<b>Dominico</b>	Sopas, picadas, tajadas maduras fritas.	Buen sabor, plátanos delgado
	<b>Dominico 1500 y Dominico 500</b>	Cocción en agua, sopas.	Racimos de 12 manos, planta muy alta, sensible al viento. El racimo se confunde con FHIA 21
	<b>Dominico Hartón</b>	sopas, patacones, asado maduro	Variedad de mayor producción en Colombia.
	<b>FHIA 18, 20, 21, 22, 23, 25</b>	sopas	Se ablanda muy rápido en la sopa y hay que ponerlo al final de la cocción, sino se desbarata. Tiende a madurar muy rápido y se pone muy blandito. Muy rico.
	<b>Guayabo o Comino o Pompo</b>	Maduros asados, aborrajado, picada	En verde, tuesta mejor; Variedad muy dulce y muy aromática a maduración,
	<b>Guineo</b>	En verde: Sopa, Maduro: Vinagre de Guineo	Muchos usos medicinales (sabia del tallo de la planta) y vinagre de Guineo (dolor de cabeza, riñones)
	<b>Hartón común y Hartón Real</b>	Patacones, sopas, maduros asados, aborrajados	Sirve para todos los usos, el hartón real es mejor muy maduro.
	<b>Hartón Culón, Hartón Liberal</b>	Patacones, moneditas	Poco cultivado
	<b>Maqueño</b>	Sopas, patacones, coladas	no es comercial, numeras manos, dedos pequeños
	<b>Mareño o Noreño</b>	maduros asados, sopas, tostadas, patacones	Plátano muy grueso, muy apreciado
	<b>Pelipita</b>	se cocina maduro únicamente	Si no es muy maduro, se pone muy duro después de la cocción. Anteriormente como Cachaco y cubano blanco era comida de vacas y caballos

El estudio demuestra claramente cuatro formas de consumo:

- ❖ **Fresco maduro.** Bananos de postre, Jugos, batidos, sorbete, tortas.
- ❖ **Verde y procesado.** Harina: “coladas” ; cocido en agua, sopas, “sancocho” ; trozos fritos: “patacones”, “tostones”, “moneditas” ; preformados: “empanadas”, “marranitas”.

- ❖ **Maduro y procesado.** Cocidos en agua: “calados” ; maduro entero o trozos fritos u horneados: “maduros” “tajadas” ; preformados: “aborrajados” ; tortas de maduro.
- ❖ **Maduro fermentado.** Vinagre de Guineo.

En este estudio se puede apreciar una relación entre variedad y usos conocidos por tradición por los pequeños productores y consumidores de las zonas rurales de Colombia.

En base al estudio mencionado, para evaluar la diversidad de los bananos y plátanos cultivados así como sus formas de consumo, se planteó complementar el estudio socioeconómico con un estudio de laboratorio para describir los caracteres morfológicos, las propiedades físico-químicas y funcionales.

Uniendo el componente socioeconómico con el componente físico-químico se pretende buscar correlaciones entre las características de la pulpa con las preferencias varietales de los consumidores en asocio con un tipo de consumo (fresco, asado, cocido en agua, freído, fermentado...).

El objetivo final es intentar explicar algunas causas de la adopción o del rechazo de algunas variedades por los consumidores, y evaluar las potencialidades de algunas variedades “olvidadas” para el consumo en fresco o el proceso industrial.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Materia prima.**

Se caracterizaron 23 variedades de musáceas provenientes de fincas de diferentes regiones de Colombia Cauca, Valle del Cauca, Caldas y Quindío (**Table 2**), reconocidos como buenos productores de plátano en Colombia (**Lescot ; 1993**). 6 Bananos de postre (2 AA, 4 AAA), 4 híbridos tetraploides de la FHIA (1 AAAA, 3 AAAB), 6 AAB del sub-grupo Plantain, 2 híbridos FHIA de cocción (AAAB) y 5 plátanos de cocción (1 AAAe, 2 AAB, 2 ABB).

**Tabla 2:** Modo de consumo, clasificación genética, origen, número de racimos analizados.

	Genotipo y nombre	Clasificación Genética*	Subgrupo	Origen	Número de racimos
Banano de postre	<b>Diploid landraces: 2n=22</b>				
	Bocadillo	AA	Sucrier	Cauca <sup>a</sup>	1
	Primitivo	AA	Sucrier	Cauca <sup>b</sup>	1
	<b>Triploid landraces: 3n=33</b>				
	Cavendish	AAA	Cavendish	Valle del Cauca <sup>c</sup>	1
	Gros Michel	AAA	Gros Michel	Quindio <sup>d</sup>	1
	Rollizo ( <i>Indio</i> )	AAA	/	Cauca <sup>e</sup>	1
	Tafetan Morado	AAA	Red Dacca	Cauca <sup>b</sup>	1
	<b>Tetraploid hybrids: 4n=44</b>				
	Fhia 17	AAAA	hybrid	Quindio <sup>f</sup>	1
	Fhia 1	AAAB	hybrid	Valle del Cauca <sup>g</sup>	1
	Fhia 18	AAAB	hybrid	Valle del Cauca <sup>g</sup>	1
	Fhia 25	AAAB	hybrid	Valle del Cauca <sup>g</sup>	1
Plátanos de cocción	<b>Triploid landraces: 3n=33</b>				
	Guineo	AAAea	Mutika - Lujugira	Quindio <sup>h</sup> , Cauca <sup>b</sup>	4
	Africa	AAB	Plantain	Caldas <sup>i</sup>	3
	Dominico	AAB	Plantain	Quindio <sup>h</sup>	1
	Dominico harton	AAB	Plantain	Caldas <sup>i</sup> , Quindio <sup>h</sup>	7
				Cauca <sup>b</sup>	
	Harton	AAB	Plantain	Cauca <sup>b</sup>	4
	Cubano Blanco ( <i>Harton Blanco</i> )	AAB	Plantain	Cauca <sup>b</sup>	4
	Harton Maqueño	AAB	Plantain	Cauca <sup>b</sup>	3
	Guayabo	AAB	Mahia-maoli	Valle del Cauca <sup>c</sup>	1
	Hua Moa	AAB	Mahia-maoli	Quindio <sup>h</sup>	1
	Cachaco	ABB	Bluggoe	Cauca <sup>i</sup>	3
	Pelipita	ABB	Pelipita	Cauca <sup>b</sup>	1
	<b>Tetraploid hybrids: 4n=44</b>				
	Fhia 20	AAAB	hybrid	Caldas <sup>i</sup>	3
	Fhia 21	AAAB	hybrid	Caldas <sup>i</sup>	2

<sup>a</sup> Caloto (1100m), <sup>b</sup> Puerto Tejada (970m), <sup>c</sup> (no se conoce), <sup>d</sup> Buenavista (1360m), <sup>e</sup> Morales (1670m), <sup>f</sup> La Tebaida (1180), <sup>g</sup> Palmira (1000m), <sup>h</sup> Armenia (1360m), <sup>i</sup> Palestina (1050m), <sup>j</sup> Guachene (1000m).

\*Clasificación genética en base a (Bakry *et al.* ; 2009), (Castrillón Arias *et al.* ; 2002) (Lescot ; 1998), (Tezenas du Montcel, *et al.* ; 1983), (Pillay *et al.* ; 2006).

## Caracterización física de los frutos con y sin cáscara

Se obtuvieron fotos de los racimos, manos (gajas), dedos y cortes transversales de los mismos. Se midió con cinta métrica (precisión 1mm), la longitud y los perímetros proximal, intermedio y distal. También se evaluó el diámetro, en el plano intermedio, con un calibrador (precisión 0,01cm). Se pesaron las manos, dedos, cáscara, pulpa y se calculó el porcentaje de cáscara. Se determinó la densidad de los plátanos utilizando el método de desplazamiento del agua. (Dadzie, & Orchard ; 1996.), (Bainbridge *et al.* ; 1996).

**Racimos, manos y dedos con cáscara:** Los racimos de plátanos fueron cosechados y transportados al laboratorio del CIAT, se tomaron fotos y se pesaron completos. Luego fue retirado el raquis y se obtuvieron manos y dedos con cáscara. Las manos y dedos se enumeraron en forma creciente a partir de la primera mano, siendo esta la más cercana al pseudo-tallo. Luego, se pesaron las manos (balanza; 0.1 g). Estas mismas se sumergieron en agua para calcular la densidad promedio (2 repeticiones). Las manos se colocaron

sobre el lado convexo con la punta de los dedos hacia el operador para enumerar los dedos de izquierda a derecha. Cuando se encontró doble fila, se designó la fila A (superior) y la fila B (inferior), en contacto con la mesa, y luego se separaron.

Se seleccionaron tres manos del racimo, proximal, intermedio y distal, de las cuales se eligieron 6 dedos por mano (3 de la fila A y 3 de la fila B) a los que se les determinó la densidad por duplicado. Se tomaron las medidas de peso, longitud y perímetros de los dedos.

**Dedos sin cáscara:** todos los dedos del racimo se pelaron manualmente, se pesó la cáscara y la pulpa de cada dedo (**Dadzie & Orchard ; 1996**). La densidad individual por dedo, se evaluó sobre los mismos plátanos que se utilizaron para la evaluación de la densidad por dedo con cáscara.

## **Preparación de harinas y almidones**

**Determinación de la relación pulpa cáscara:** Se pesa los dedos con y sin cáscara. No se toma en cuenta el peso del vástago. Se calcula la relación peso de pulpa sobre peso del plátano entero \* 100.

**Determinación de la fracción comestible:** La fracción comestible, en kg de materia seca por planta, se calcula como: (peso del racimo – peso de raquis) \* porcentaje de pulpa \* Materia seca. (**Ferris et al. ; 1999**).

**Producción de harina:** los dedos se cortaron en rodajas y se secaron en estufa a (50°C ; 48 horas), luego se molieron ; la harina se almacenó en cuarto frío en bolsas plásticas selladas para análisis posteriores.

**Producción de almidón:** La pulpa fresca de los frutos fue homogenizada en agua utilizando una licuadora industrial Warning blender. La suspensión obtenida fue filtrada utilizando un tamiz de 100µm de abertura (140 Mesh). Después de tres lavados de la pulpa con agua, la suspensión fue decantada 12h en cuarto frío. El sobrenadante fue eliminado y el almidón sedimentado lavado por 3 centrifugaciones sucesivas, eliminando la capa superior a cada lavado, antes del secado en una estufa con recirculación de aire a 50°C por 48h. El almidón se almacenó en cuarto frío en bolsas plásticas selladas para análisis posteriores.

## **Análisis físico-químicos.**

**Materia seca de la pulpa:** todos los dedos sin cáscara de una misma mano se cortaron en rodajas finas y se secaron a 104°C por 24 horas. Cada muestra fue procesada por triplicado.



#### ***Determinación de los minerales de la pulpa:***

Contenidos de potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) fueron determinados a partir de 1 g de harina deshidratada en un espectrómetro de emisión atómica en plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES) (Varian Inc., Palo Alto, CA, USA) utilizando un detector CCD (dispositivo de cargas acopladas) según el método de **Fagioli et al. (1990)**. Una mineralización en 2 fases (HCl, HF) fue llevada a cabo en un horno doble de incineración a 500 °C según reportado por **Pinta (1973)**.

***Determinación de la temperatura de gelatinización (Tonset) y contenido de amilosa:*** El método de **Mestres et al. (1996)** fue utilizado. Los análisis fueron realizados utilizando un Perkin Elmer DSC 7, utilizando cápsulas inoxidable selladas conteniendo 10-11 mg de almidón y 50 µl de lyso-fosfolipid 2% en agua. El análisis se realiza con una cápsula de referencia vacía sellada. La temperatura de ONSET se determina sobre los termogramas obtenidos. El contenido de amilosa se determina durante la parte de enfriamiento midiendo la energía requerida para la formación de un complejo amilosa-lípido. Todos los análisis fueron realizados en duplicado.

### **Análisis funcionales**

#### **Viscoamilogramas de las harinas**

Las propiedades de las pastas acuosas de las harinas (al 8 % (b.s.) en presencia de inhibidor de  $\alpha$ -amilasa ( $\text{AgNO}_3$  ; 0.002 mol/l)) se estudiaron utilizando un viscoanalizador rápido RVA-4 (Newport, Australia) (**Crosbie, G.B. et al. ; 1999**). El programa de calentamiento permite calentar la suspensión en agitación permanente de 50°C hasta 90 °C a 6 °C/min, mantener a 90 °C durante 5 minutos y luego enfriar a 50 °C a una tasa de 6 °C/min). Se determinó el tiempo y la temperatura de inicio de empastamiento (temp y Temp), la viscosidad máxima (Vmax), el tiempo para llegar al pico máximo (tVmax), la temperatura en el pico máximo (TVmax), la viscosidad de la pasta caliente (después de 5 minutos a 90°C) (VPC), la viscosidad mínima (Viscosidad mas baja después de Vmax (Vmin), la viscosidad de la pasta después del enfriamiento a 50°C (VPE); Viscosidad final (Vfin). En base a estos datos se estimaron 4 parámetros: Facilidad de cocción (FC) estimado como (tVmax – temp); “breakdown” (BD), calculado como (Vmax – VPC); “setback” (SB), calculado como (VPE- Vmax); consistencia (CS), calculado como (VPE – VPC).

## **Análisis estadísticos**

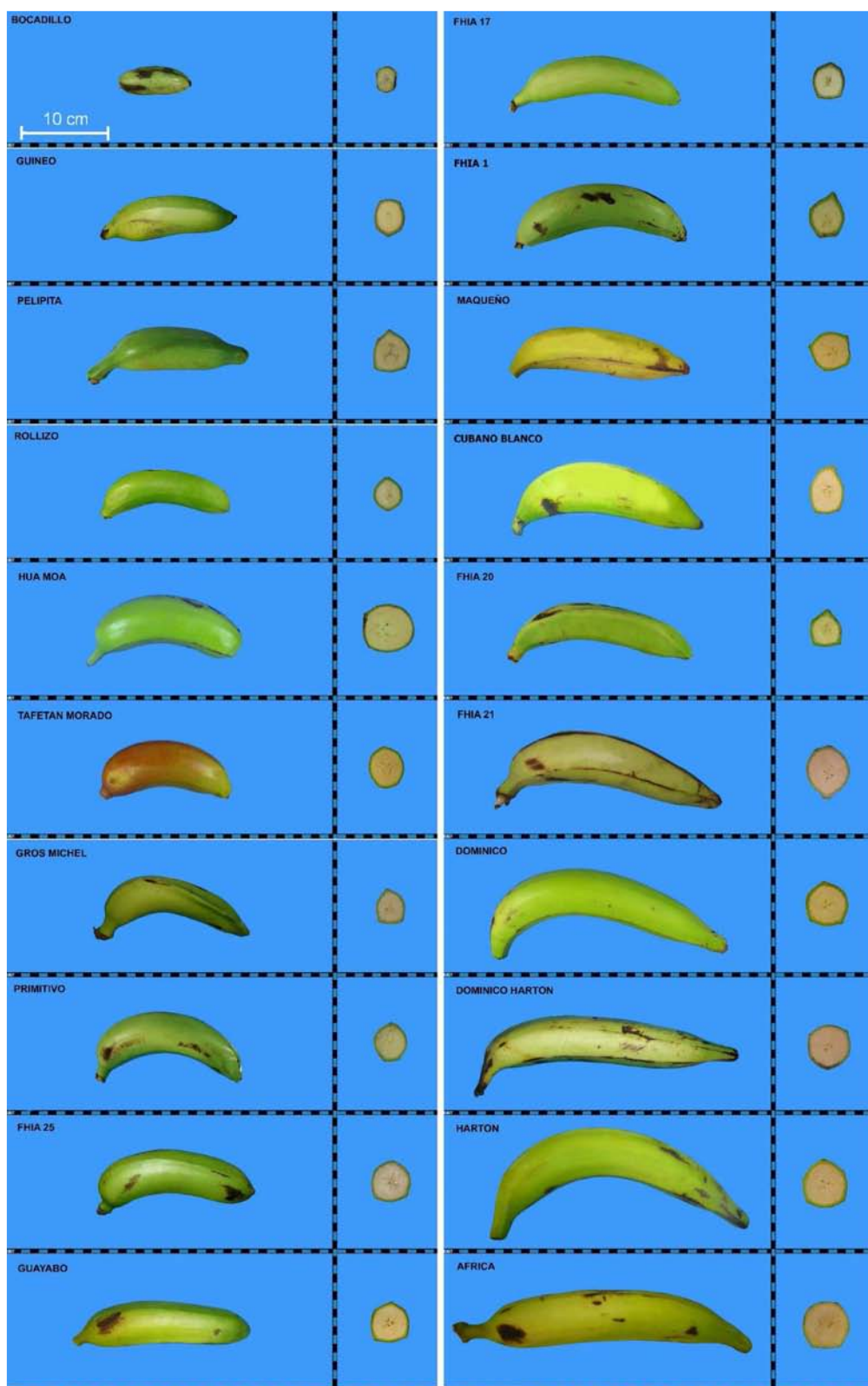
Análisis estadísticos: se utilizó el programa Statistica V.7 (StatSoft Inc., Tulsa, Oklahoma, USA). Los análisis de variancia ANOVA fueron realizados sobre los criterios morfológicos, entre grupos y sub-grupos de clones, entre plantas, entre racimos, entre manos y dedos. Las comparaciones de promedios se hicieron utilizando la prueba (HSD post-hoc test) "Honestly Significantly Differences".

## **RESULTADOS & DISCUSIONES**

### **Estudio morfológico**

En Colombia, para la transformación industrial se utilizan principalmente las variedades Dominico Hartón, Hartón y Dominico. (**Rodríguez Martínez & Rodríguez Saavedra ; 2001**). Pelipita y Guayabo son menos utilizadas pero tienen importancia para algunos procesadores.

Las variedades industriales son las más grandes y de mayor diámetro (Fig 1). Utilizando el criterio de longitud de plátano, se encontraron dos variedades, Africa y Hartón, de más de 30 cm, tomando en cuenta que todos los plátanos del grupo AAB son superiores a 23 cm. Los FHIA de cocción FHIA 20 y 21 son respectivamente de 24 a 26 cm. Todas las otras musáceas son de tamaño inferior a 20 cm incluyendo los bananos de postre, exceptuando FHIA 01.



**Fig. 1:** Fotos de las variedades de musáceas estudiados; distribución por tamaño y cortes transversales

**Tabla 3:** Características del racimo, manos y dedos de las diferentes variedades estudiadas.

Forma de consumo	Peso racimo <sup>1</sup> (kg)	Número de manos/racimo <sup>2</sup>	Número de frutos/mano <sup>2</sup>	Peso mano <sup>1</sup> (g)	Densidad mano <sup>1</sup> (g/l)	Densidad dedo <sup>1</sup> (g/l)	Peso dedo <sup>1</sup> (g)	Long. dedo <sup>1</sup> (cm)	Perim. dedo <sup>1</sup> (cm)
<b>Banano de postre</b>									
Bocadillo	23.0	6	13	549	1.37	/	/	8.8	9.6
Primitivo	13.8	7	9-21	1967	/	/	/	18.5	12.6
Gros	29.5	12	14-20	2326	0.99	1.07	133	18.4	11.8
Michel									
Rollizo	12.5	8	10-22	1506	1.02	1.01	105	16.2	11.4
Tafetan	15.2	5	6-17	2224	/	0.98	164	17.2	14.6
Morado									
Fhia 17	49.4	15	18-23	2790	0.94	0.99	136	19.9	12.0
Fhia 1	48.0	10	14-17	4352	/	0.96	262	22.3	15.6
Fhia 25	23.0	10	11-19	3068	1.19	0.99	192	18.5	14.4
<b>Plátanos de cocción</b>									
Guineo	13.9	6-9	12-21	1846	0.97	1.04	108	14.4	12.9
Africa	13.6	5-6	2-7	2427	/	1.02	598	31.7	18.4
Dominico	22.0	4	13-21	5012	0.98	1.11	323	27.8	15.7
Dominico harton	18.4	7-9	2-14	2582	0.99	1.03	315	27.8	15.2
Harton	16.9	5-7	2-11	2570	1.03	1.03	396	30.3	16.4
Cubano blanco	15.8	9-10	2-13	1556	0.99	1.01	223	23.4	14.2
Maqueño	22.8	6-11	9-18	2779	/	0.99	193	23.0	13.8
Guayabo	17.5	9	7-12	1570	0.93	0.94	174	19.1	13.8
Hua Moa	2.7	6	2-3	602	0.94	0.95	343	16.7	19.5
Cachaco	19.2	6-8	5-13	2708	0.91	0.94	255	20.5	17.7
Pelipita	10.7	5	7-9	1264	1.12	1.02	128	15.3	13.9
Fhia 20	26.0	6-7	11-18	3676	0.96	1.01	245	23.8	14.3
Fhia 21	19.9	3-6	10-16	4054	0.98	1.02	296	26.1	15.2

<sup>1</sup> Promedio

<sup>2</sup> Intervalo[ min-max]

La variedad Hua Moa del grupo Mahia Maoli, llamado localmente “Morrocota” tiene un perímetro excepcionalmente grande de 19.5 cm y un peso promedio por fruto de 343 g (Tabla 3). Esta variedad, dado su diámetro, podría ser utilizada para producir chips de corte transversal, llamadas “moneditas” en Colombia.

Todos los plátanos del grupo plantain, así como los plátanos de cocción FHIA 20 y FHIA 21, tienen una densidad por dedo superior a 1 (se hunden en agua) (**Tabla 2**). Esta característica física podría ser utilizada en las industrias como un criterio de selección de materia prima.

### **Características físico-químicas**

**Proporción de cáscara:** Se observó una gran variación en el porcentaje de piel entre las diferentes variedades (Tabla 4 ; figura 1). Hua Moa es la variedad con menor proporción de cáscara (24,3 %), y FHIA 17 tuvo el mayor (46.6%)

**Tabla 4:** Características de los frutos pelados

Forma de consumo	Cáscara %	Longitud pulpa (cm)	Perímetro pulpa (cm)	Densidad mano sin cáscara g/l	Densidad dedo sin cáscara g/l
<b>Banano de postre</b>					
Bocadillo	/	8.5	8.5	1.18	/
Primitivo	/	17.1	9.7	/	/
Gros Michel	38.7	17.4	9.3	1.00	1.06
Rollizo	39.5	14.6	8.8	1.05	1.10
Tafetan Morado	34.2	15.3	11.9	/	1.00
Fhia 17	46.6	17.6	8.8	0.97	1.02
Fhia 1	44.4	21.0	12.0	/	0.96
Fhia 25	34.4	17.0	11.9	0.97	1.08
<b>Plátanos de cocción</b>					
Guineo	42.2	13.1	10.2	1.02	1.11
Africa	31.3	29.9	15.4	/	1.04
Dominico	35.1	24.0	12.6	1.00	1.11
Dominico Harton	39.2	24.2	12.0	1.00	1.03
Harton	37.8	25.5	13.2	1.02	1.03
Cubano blanco	36.5	20.0	11.4	1.02	1.04
Maqueño	40.0	18.3	10.8	/	1.01
Guayabo	36.6	17.1	11.1	0.95	0.94
Hua Moa	24.3	15.5	17.5	0.95	0.96
Cachaco	44.3	16.1	13.4	0.92	0.91
Pelipita	42.5	12.7	11.4	1.13	1.12
Fhia 20	43.6	21.0	11.1	1.03	1.01
Fhia 21	38.0	21.7	12.0	1.04	1.08

<sup>T</sup> valor promedio

Los plátanos de uso industrial en Colombia: Dominico, Dominico Hartón y Hartón tienen entre 35 y 39% de piel. África con 31,1%, el Cubano blanco, el Guayabo y el FHIA 21 respectivamente con (36,5% ; 36,6% y 38% respectivamente) son variedades que se pueden posicionar para uso industrial en Colombia. Al contrario, pelipita, maqueño, FHIA 20 y Cachaco tienen una desventaja industrial importante debido a su proporción de piel por encima del 40% (Maqueño) y hasta 44, 3% (Cachaco).

Para los bananos de postre la piel representa entre 35% y 40% del peso del dedo. Los clones FHIA 1 y FHIA 17 tienen cáscaras muy gruesas y representan entre 44% y 47% del peso del dedo, respectivamente.

#### **Materia seca y biomasa comestible**

Los bananos de postre tienen entre 19,6 y 30,9% de materia seca, y los plátanos de cocción mostraron entre 26,5 y 45% de materia seca.

En la **tabla 5** se destaca algunas variedades por su altísima materia seca superior a 40%: Pelipita 45% ; Cubano Blanco 43% ; Dominico Harton (41,3%); Harton (40,7%). Estas cuatro variedades presentan un interés obvio para la industria de los productos fritos que siempre busca los materiales con menor cantidad de agua para evitar la penetración de aceite en el producto. (Lemaire et al. 1997)

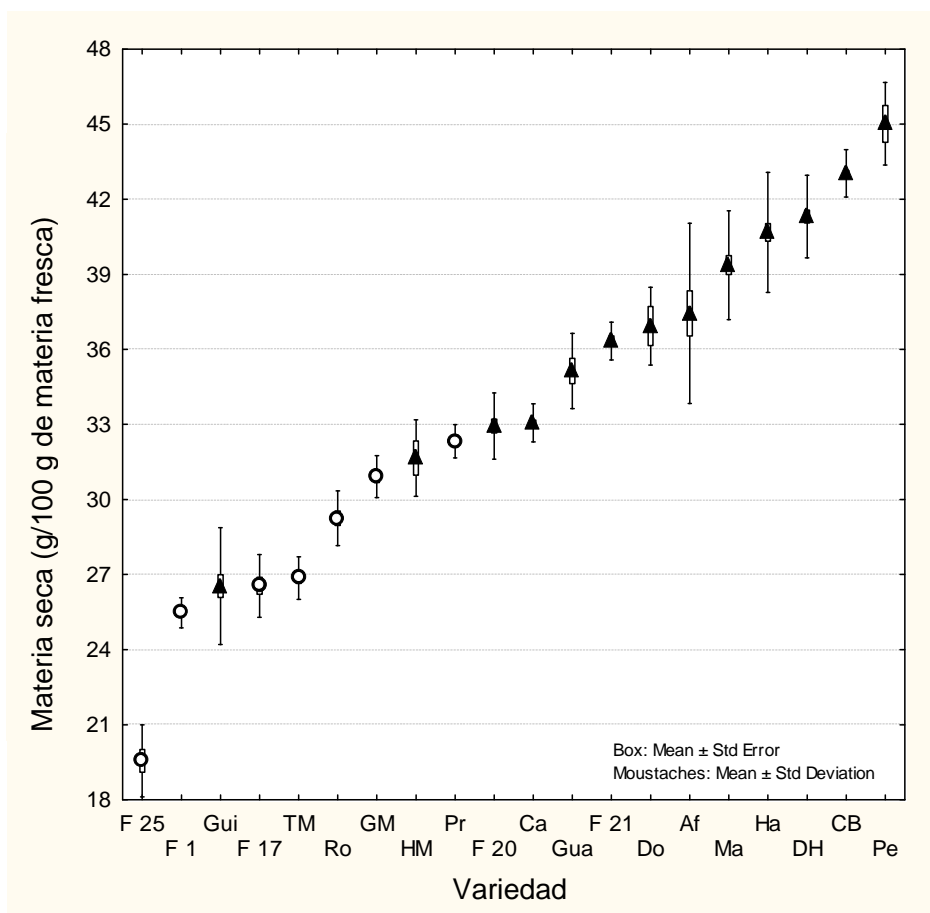
**Table 5** *Materia seca de la pulpa y fracción comestible por racimo*

Modo de consumo & subgrupos	Fraccion comestible (kg Materia seca)	Materia seca %
<b>Banano de postre</b>		
Primitivo	/	32.3
Gros Michel	5.28	30.9
Rollizo	2.13	29.2
Tafetan Morado	2.05	26.9
<b>promedio <math>\pm</math> std</b>	<b>(n= 3) 3.15 <math>\pm</math> 1.84<sup>a</sup></b>	<b>(n= 48) 29.4 <math>\pm</math> 2.2<sup>a</sup></b>
<b>Híbridos de postre</b>		
Fhia 17	5.94	26.6
Fhia 1	6.30	25.5
Fhia 25	2.95	19.6
<b>promedio <math>\pm</math> std</b>	<b>(n= 3) 5.06 <math>\pm</math> 1.84<sup>a</sup></b>	<b>(n= 49) 24.6 <math>\pm</math> 2.8<sup>b</sup></b>
<b>Híbridos de cocción</b>		
Fhia 20	4.56	32.9
Fhia 21	4.10	36.3
<b>promedio <math>\pm</math> std</b>	<b>(n=2) 4.33 <math>\pm</math> 0.32<sup>a</sup></b>	<b>(n= 38) 34.2 <math>\pm</math> 2.0<sup>c</sup></b>
<b>Plátanos de cocción (No-plantain)</b>		
Guineo	1.99	26.5
Guayabo	3.16	35.1
Hua Moa	0.57	31.7
Cachaco	3.37	33.1
Pelipita	2.77	45.0
<b>promedio <math>\pm</math> std</b>	<b>(n= 5) 2.37 <math>\pm</math> 1.13<sup>a</sup></b>	<b>(n= 94) 32.0 <math>\pm</math> 4.6<sup>d</sup></b>
<b>Plantains</b>		
Africa	3.32	37.4
Dominico	4.82	36.9
Dominico Harton	4.32	41.3
Harton	4.04	40.7
Cubano blanco	4.03	43.0
Harton Maqueño	4.99	39.4
<b>promedio <math>\pm</math> std</b>	<b>(n=6) 4.25 <math>\pm</math> 0.60<sup>a</sup></b>	<b>(n=216) 41.1 <math>\pm</math> 2.6<sup>e</sup></b>

Dado la gran diversidad de peso de racimo encontrado dentro de un mismo grupo (**tabla 5**), no se puede mostrar diferencias significativas entre grupos taxonómicos o por tipos de consumo. La mayor proporción comestible por racimo se observó en los clones híbridos FHIA 1 y FHIA 17 con 6,3 y 6,0 kg de materia seca, respectivamente. Todos los clones industriales de cocción se encuentran entre 4 y 5 Kg de materia seca útil por racimo.

El porcentaje de materia seca mostró diferencias estadísticamente significativas entre grupos y sub-grupos genéticos y entre modo de consumo. Para los híbridos FHIA de postre (24,6%), bananos de postre (29.4%), plátano de cocción exceptuando el subgrupo Plantain (32%), híbridos FHIA de cocción (34.2%) y plátano de

cocción del sub-grupo Plantain (41.1%). Estos resultados están en acuerdo con los resultados obtenidos por Ferris *et al.* (1999), Ngalani & Tchango Tchango (1996), Baiyeri *et al.* (2000), Baiyeri & Tenkouano (2008). En la **figura 2**, se puede apreciar la distribución en orden creciente de materia seca de los diferentes clones estudiados. Los clones de cocción se encuentran en la zona derecha de la grafica a la excepción del clon Guineo grupo AAA, y del clone Hua Moa (grupo AAB).

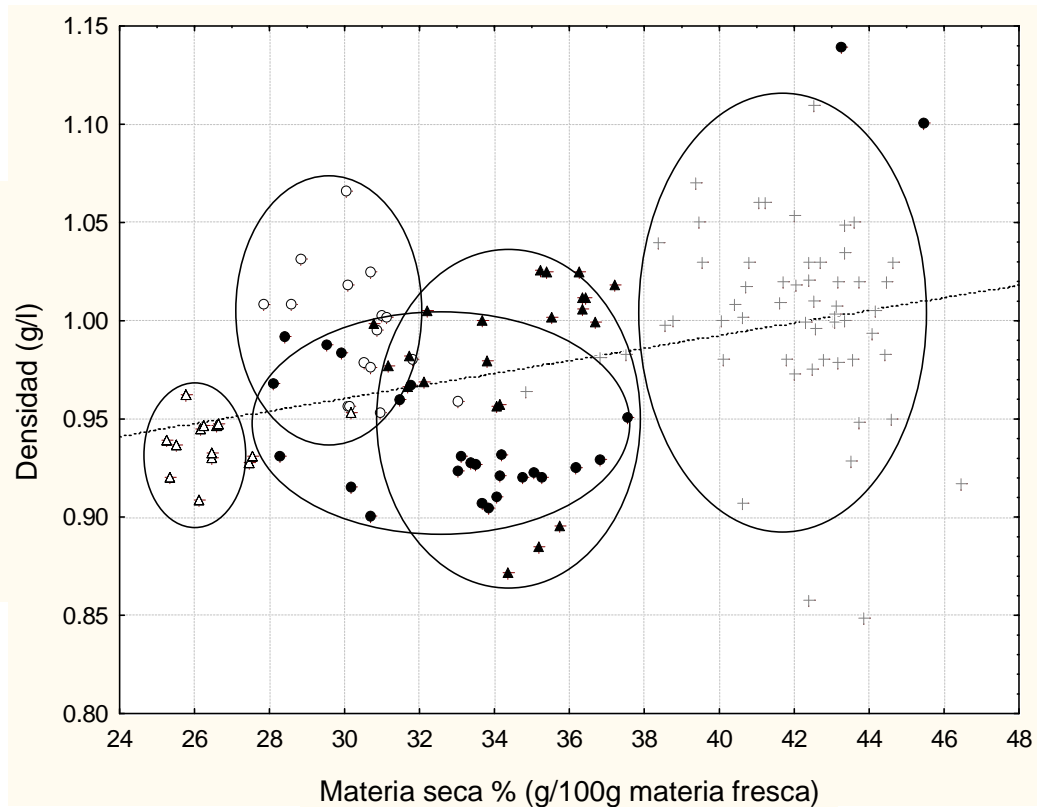


**Fig. 2.** Promedio de materia seca con error y desviación estándar para los bananos de postres (o) y los plátanos de cocción (▲)

### Densidad

La densidad de los frutos, con y sin cáscara, esta poco correlacionado con la materia seca de la pulpa. Se observó una pequeña correlación ( $R^2 < 0,2$ ) entre las manos enteras y la materia seca de la pulpa (Fig. 3) .. Las

correlaciones entre la MS y las otras densidades (dedos con y sin cáscara, manos sin cáscara) no fueron significativas.



**Fig. 3.** Correlación entre la densidad de las manos enteras y la materia seca de la pulpa; banana de postre (o), banana híbridos FHIA ( $\Delta$ ), Plátano de cocción híbridos FHIA ( $\blacktriangle$ ), Plátano de cocción grupo plantain (+) Plátano de cocción exceptuando grupo plantain ( $\bullet$ )

La representación permite ubicar los diferentes grupos genéticos (a ; b ; c ; d ; e) de la **Tabla 5**, debido a la diferencia significativa entre grupos en relación a la materia seca. Por lo tanto, la densidad no es un parámetro adecuado para estimar la materia seca de los dedos, debido a diferencias en proporción de cáscara, de materia seca y de contenido de almidón de la pulpa.

### **Minerales**

Las Musáceas son reconocidas como pobres en sodio y ricas en potasio (**Suntharalingam & Ravindran ; 1993**). La comparación de los contenidos de minerales de diferentes grupos genéticos está poco reportada en la literatura y con diferentes protocolos de digestión y equipos de medición (**Cano, et al. ; 1997**), (**Forster et**



*al.* ; 2002), (Hardisson *et al.* ; 2001). Los análisis de minerales de las harinas de los 23 clones estudiados están reportados en la **tabla 6**

**Tabla 6:** Composición mineral de las harinas de las 23 variedades estudiadas.

Forma de consumo y subgrupos	Materia seca % (g/100g Harina fresca)	Potasio (mg/100g MS)	Calcio (mg/100g MS)	Magnesio (mg/100g MS)
<b>Bananos de postre</b>				
Bocadillo	35.5	1009.0	11.3	104.6
Primitivo	32.6	1144.7	14.3	140.6
Cavendish	26.5	1346.9	12.1	108.4
Gros Michel	30.7	1134.0	24.0	104.7
Rollizo	28.6	1185.8	29.5	123.7
Tafetán Morado	26.7	1214.1	24.4	125.3
<b>Media ± std (n=6)</b>	<b>mg/100 g MS (mg/100g bf*)</b>	<b>1172.4 ± 110.7<sup>a</sup> (349.8 ± 16.9)</b>	<b>19.3 ± 7.7<sup>a</sup> (5.7 ± 2.1)</b>	<b>117.9 ± 14.5<sup>ab</sup> (35.4 ± 5.9)</b>
<b>Híbridos de postre</b>				
Fhia 17	25.2	1496.7	21.9	120.1
Fhia 1	25.6	1311.0	25.4	140.2
Fhia 18	21.0	1448.5	20.2	106.5
Fhia 25	17.9	1549.5	27.1	133.1
<b>Media ± std (n=4)</b>	<b>mg/100 g MS (g/100g bf)</b>	<b>1451.4 ± 102.3<sup>b</sup> (323.8 ± 43.3)</b>	<b>23.7 ± 3.2<sup>a</sup> (5.3 ± 1.0)</b>	<b>125.0 ± 14.9<sup>a</sup> (28.1 ± 6.3)</b>
<b>Híbridos de cocción</b>				
Fhia 20	35.5	1089.4	15.3	100.0
Fhia 21	36.7	1016.6	15.7	91.7
<b>Media ± std (n=2)</b>	<b>mg/100 g db (g/100g bf)</b>	<b>1053.0 ± 51.5<sup>a</sup> (380.0 ± 10.1)</b>	<b>15.5±0.3<sup>ab</sup> (5.6 ± 0.2)</b>	<b>95.9 ± 5.9<sup>bc</sup> (34.6 ± 1.4)</b>
<b>Plátanos de cocción No-Plantain</b>				
Guineo	29.9	1259.7	18.6	112.2
Guayabo	35.3	1078.7	15.7	97.5
Hua Moa	31.5	1378.1	31.6	107.0
Cachaco	33.3	1006.6	12.8	101.4
Pelipita	45.5	814.3	12.9	107.1
<b>Medio ± std (n=5)</b>	<b>mg/100 g MS (g/100g bf)</b>	<b>1107.5 ± 219.9<sup>a</sup> (379.4 ± 35.4)</b>	<b>18.3±7.8<sup>ab</sup> (6.2±2.2)</b>	<b>105.0 ± 5.7<sup>abc</sup> (36.8 ± 6.6)</b>
<b>Plátanos del grupo Plantain</b>				
Africa	39.1	1148.7	10.2	84.8
Dominico	36.8	957.9	7.6	90.3
Dominico Harton	46.4	877.9	6.4	82.6
Harton	42.1	907.2	8.9	100.6
Cubano blanco	43.1	900.3	12.3	92.5
Hartón Maqueño	38.3	959.4	5.1	93.2
<b>Media ± std (n=6)</b>	<b>mg/100 g MS (g/100g bf)</b>	<b>958.6 ± 98.7<sup>a</sup> (391.0 ± 33.8)</b>	<b>8.4 ± 2.6<sup>b</sup> (3.5 ± 1.2)</b>	<b>90.7 ± 6.5<sup>c</sup> (37.1 ± 3.7)</b>

\* bf: base fresca (pulpa fresca)

## **Potasio.**

La tabla 4 muestra, como se esperaba una tasa muy alta de potasio en los plátanos y bananos (desde 1,0 hasta 1,6 g/100g de materia seca). Los bananos de postre tienen entre 1009 y 1347 mg K/100g de material seco. Estos resultados están en acuerdo con los trabajos de **Hardisson *et al.* (2001)** y (**USDA Nutrient Data Laboratory Database, 2008**).

Los híbridos de postre de la FHIA tienen el contenido de K más alto siendo entre 1311 y 1550 mg/100g de MS.

El subgrupo Plantain, exceptuando el clon África (1149 mg K/100g) tiene el contenido mas bajo de K con un promedio de 920 mg/100g. Los otros plátanos de cocción (fuera del sub-grupo Plantain) presentan una gran diversidad teniendo como extremos el pelipita con el contenido mas bajo (814 mg/100g) y el Hua Moa con el contenido más alto de K entre los plátanos de cocción (1378 mg/100g).

### **Calcio y Magnesio.**

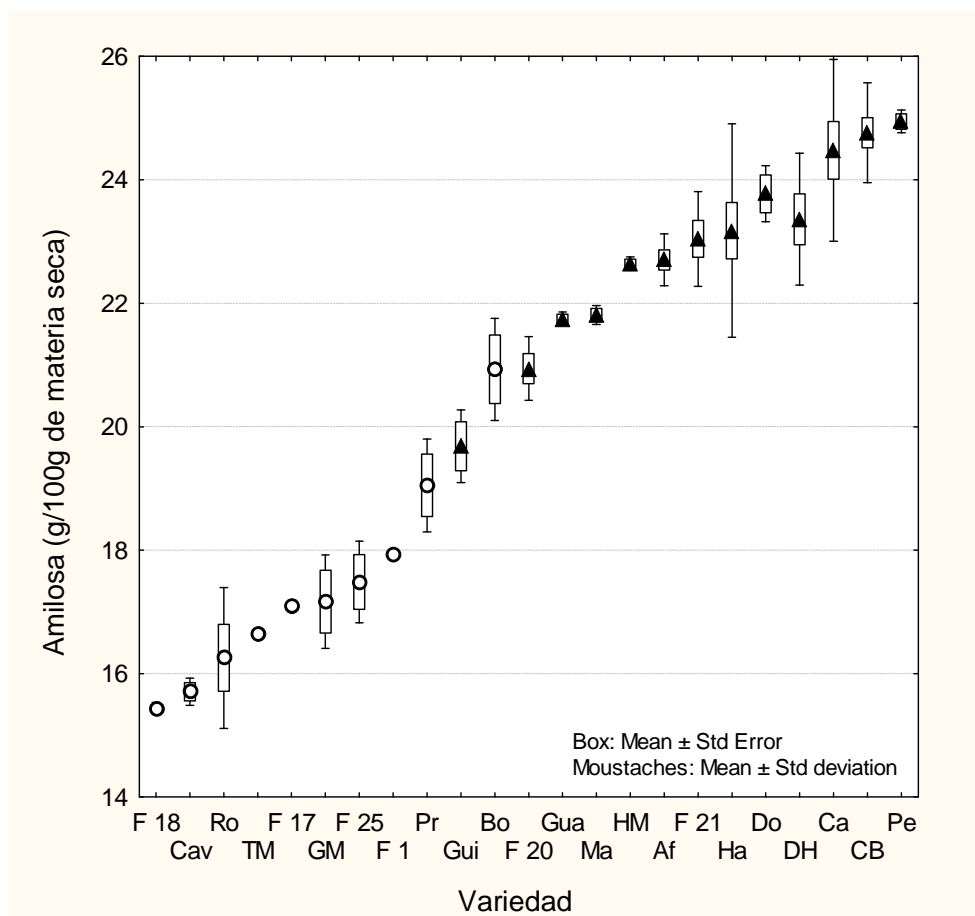
El contenido de Calcio y el de Magnesio estuvo entre 5 y 32 mg/100g y 85 y 141 mg/100g de Materia seca, respectivamente. El análisis estadístico demuestra que el su-grupo Plantain es significativamente diferente del grupo de banano de postre (incluyendo los híbridos) con un intervalo de confianza de 95%. El sub-grupo Plantain presenta un promedio en Calcio y Magnesio de 8,4 y 91 mg/100g de materia seca, frente a 21 y 121 mg/100 g para el grupo de los bananos de postre. El análisis estadístico no permite diferenciar el sub-grupo Plantain de los otros grupos de cocción. El calcio y el magnesio son los principales macro-elementos involucrados en las propiedades funcionales de las pectinas que participan en el cemento intercelular (**Qi et al. ; 2000b**), (**Voragen et al. ; 1995**). El contenido de calcio y magnesio particularmente bajo en los clones de subgrupo Plantain, conocidos por tener una resistencia a la cocción superior a los bananos de postre, podría ser un elemento clave para entender este fenómeno. Futuros estudios sobre la composición intercelular y en particular sobre el papel de las pectinas, del calcio y del magnesio en el comportamiento a la cocción, permitirán entender mejor las preferencias texturales de los consumidores.

**La temperatura de gelatinizacion** varía entre 59,7 y 67,8°C, observado en Tafetán morado y Dominico respectivamente. El análisis estadístico muestra diferencias significativas para la temperatura de gelatinización de los bananos de postre, con los híbridos FHIA, con el sub-grupo Plantain y con los plátanos de cocción diferentes al Plantain ( $P < 0,01$ ). No se observaron diferencias significativas entre el grupo de los híbridos FHIA (postre y cocción) con los otros plátanos de cocción. las temperaturas de gelatinización observadas fueron: banano de postre (63,2°C) < plátano de cocción diferentes al plantain (65,7°C) < híbridos FHIA (66,6°C) < Plantains (67,1°C). Esta diferencia de comportamiento a la gelatinización de los almidones refleja las diferencias de comportamiento a la cocción y contribuye a explicar las diferencias entre variedades y grupos genéticos (**Da Mota et al. ; 2000**), (**Zhang et al. ; 2005**). Los plantains necesitan más energía para poder gelatinizar y tardan más para cocinarse y ablandarse.

**Contenido de amilosa** El contenido de amilosa varía desde 15,4% hasta 24,9% entre las diferentes variedades. Fhia 18 (15,4%), Cavendish (15,7%) y Rollizo (16,3%) presentan los contenidos de amilosa más bajos. Al contrario Pelipita (24,9%), Cubano Blanco (24,8%) y Cachaco (24,5%) presentan los contenidos de amilosa más altos. El análisis estadístico pone en evidencia una diferencia significativa con un intervalo de confianza de 99% entre todos los bananos de postre y todos los plátanos de cocción (híbridos incluidos). El contenido de amilosa de los bananos de postre oscila entre 15,7% hasta 20,9% con un promedio de 17,4%. El contenido de amilosa de los plátanos de cocción varía entre 19,7% hasta 24,9% con un promedio de 22,9%.

**Tabla 7:** Temperaturas de gelatinización (Tonset) y contenido de amilosa de los almidones extraídos de la pulpa de los frutos.

Modo de consumo	Tonset (°C)	Amilosa %
<b>Banano de postre</b>		
Bocadillo	63.5±0.9	20.9±0.8
Primitivo	65.7±0.5	19.0±0.8
Cavendish	66.5±0.1	15.7±0.2
Gros Michel	63.2±0.3	17.2±0.8
Rollizo	61.9±0.6	16.3±1.1
Tafetan Morado	59.7±0.6	16.6±0.1
<b>promedio ± std (n=14)</b>	<b>63.2±2.3 a</b>	<b>17.4±1.9 a</b>
<b>Híbridos de postre</b>		
Fhia 17	67.1±0.6	17.1±0.0
Fhia 1	66.9±0.7	17.9±0.0
Fhia 18	67.0±0.1	15.4±0.1
Fhia 25	66.2±0.6	17.5±0.7
<b>promedio ± std (n=9)</b>	<b>66.8±0.6 bc</b>	<b>16.8±1.1 a</b>
<b>Híbridos de cocción</b>		
Fhia 20	66.7±0.5	20.9±0.5
Fhia 21	65.9±1.5	23.0±0.8
<b>promedio ± std (n=10)</b>	<b>66.2±1.2 bc</b>	<b>22.2±1.3 b</b>
<b>Plátano de cocción (Non-plantains)</b>		
Guineo	64.4±0.4	19.7±0.6
Hua Moa	65.7±0.1	22.6±0.1
Cachaco	65.5±0.8	24.5±1.5
Pelipita	65.8±0.7	24.9±0.2
<b>promedio ± std (n=17)</b>	<b>65.4±0.7 c</b>	<b>23.4±2.1 b</b>
<b>Plantains</b>		
Africa	67.1±1.5	22.7±0.4
Dominico	67.8±0.2	23.8±0.5
Dominico Harton	67.7±2.2	23.4±1.1
Harton	67.2±1.3	23.2±1.7
Cubano blanco	66.2±0.8	24.8±0.8
Harton Maqueño	67.7±0.2	21.8±0.2
Guayabo	64.8±0.4	21.8±0.1
<b>promedio ± std (n=39)</b>	<b>67.1±1.4 b</b>	<b>23.5±2.0 b</b>



**Fig. 4.** Promedio del contenido de amilosa con error y desviación standard para los bananos de postre (o) y plátanos de cocción (▲)

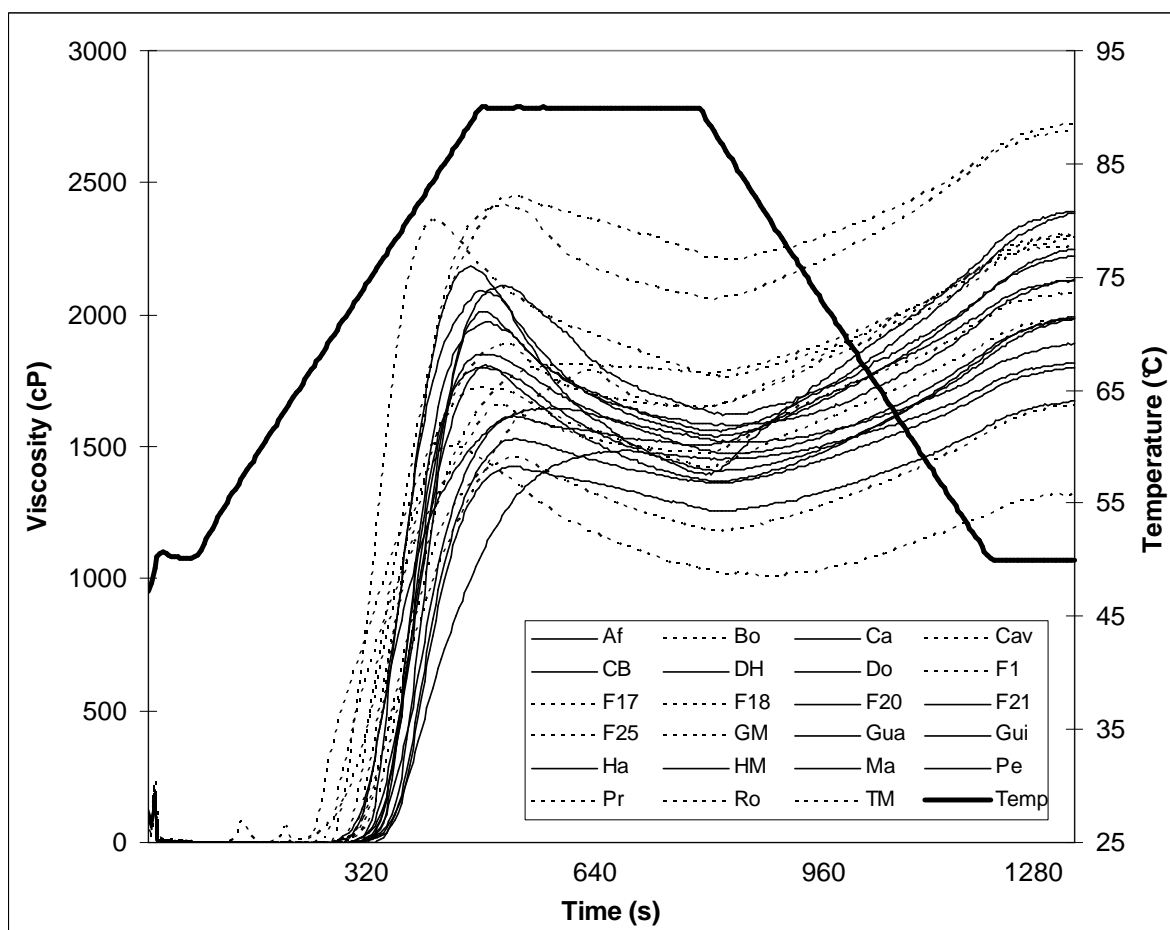
En la figura 4 se puede apreciar la distribución de los clones en orden creciente de amilosa. A excepción del Guineo (grupo AAA) que se comporta como un banano de postre, a pesar de ser consumido hervido en sopas, se pueden distinguir perfectamente 2 grupos, de postre y de cocción (lado derecho de la grafica). El límite entre los 2 grupos se sitúa entre 19% y 21%, alrededor de 20%.

Un contenido de amilosa  $\leq 19\%$  permite clasificar sin duda un clon de musácea en el grupo de los bananos de postre. Un contenido de amilosa  $\geq 21\%$  también permite clasificar sin duda un clon de musácea en los plátanos de cocción. **Steele (1997)** en su trabajo de Ph. D., menciona diferencias significativas en el contenido de amilosa entre 2 clones de Plantain, 1 clon de plátano de cocción (fuera de plantain) y 2 clones de bananos de postre. Otros autores encontraron resultados similares pero sin destacar las diferencias entre grupos (**Coulibaly et al. ; 2006**), (**Eggleston et al. ; 1992**), (**Perez Sira ; 1997**), (**Qi et al. ; 2000a**).

El presente estudio demuestra claramente por primera vez, una diferencia significativa entre el modo de consumo y el contenido de amilosa de la pulpa del fruto. Estudios complementarios sobre colecciones nacionales o regionales tienen que ser emprendidos para poder poner en evidencia con más precisiones este descubrimiento. La determinación de contenido de amilosa es un análisis de gran importancia en apoyo a los programas de mejoramiento de bananos de postre o de plátanos de cocción.

### Propiedades funcionales de las harinas

El comportamiento reológico de las harinas de las 23 variedades de musaceas estudiadas esta presentado en la **figura 5**.



**Fig 5.** Perfiles viscoamilográficos de las harinas de los bananos de postre (en línea discontinua) y harinas de plátano de cocción (línea continua) a 8% de MS en presencia de  $\text{AgNO}_3$ , inhibidor de  $\alpha$ -amilasa.

Una gran diversidad de comportamiento se puede observar en la grafica entre los diferentes clones. Se puede observar que las suspensiones de harina de los bananos de postre desarrollan viscosidad a temperaturas más

bajas. También se puede observar que las variedades que desarrollan viscosidades más altas, también son las suspensiones de harina de bananos de postre.

**Tabla 8:** Algunas propiedades funcionales de las harinas de musáceas.

Modo de consumo	Temp (°C)	Vmax (cP)	Vfin (cP)	FC (s)
<b>Banano de postre</b>				
Bocadillo	71.9	1462	1658	236
Primitivo	72.1	1896	2292	222
Cavendish	71.6	2230	2736	227
Gros Michel	68.7	1664	2076	239
Rollizo	68.3	1860	1977	246
Tafetan Morado	66.5	1500	1317	196
<b>promedio <math>\pm</math> std (n=14)</b>	<b>69.5<math>\pm</math>2.4<sup>a</sup></b>	<b>1821<math>\pm</math>368<sup>abc</sup></b>	<b>2005<math>\pm</math>433<sup>a</sup></b>	<b>230<math>\pm</math>25<sup>ab</sup></b>
<b>Híbridos de postre</b>				
Fhia 17	72.5	1791	2297	330
Fhia 1	72.2	2416	2699	213
Fhia 18	69.8	2356	2256	136
Fhia 25	72.8	1823	2296	273
<b>promedio <math>\pm</math> std (n=8)</b>	<b>71.8<math>\pm</math>1.3<sup>b</sup></b>	<b>2097<math>\pm</math>312<sup>b</sup></b>	<b>2387<math>\pm</math>195<sup>b</sup></b>	<b>238<math>\pm</math>79<sup>ab</sup></b>
<b>Híbridos de cocción</b>				
Fhia 20	76.0	1493	1818	339
Fhia 21	74.7	1824	1984	172
<b>promedio <math>\pm</math> std (n=8)</b>	<b>75.4<math>\pm</math>1.7<sup>c</sup></b>	<b>1658<math>\pm</math>436<sup>ab</sup></b>	<b>1901<math>\pm</math>587<sup>a</sup></b>	<b>255<math>\pm</math>93<sup>a</sup></b>
<b>Plátano de cocción (no plantain)</b>				
Guineo	71.6	1622	2128	224
Guayabo	73.6	2119	2392	176
Hua Moa	73.4	2113	2250	197
Cachaco	71.6	2230	2224	163
Pelipita	75.1	2013	2132	156
<b>promedio <math>\pm</math> std (n=16)</b>	<b>72.6<math>\pm</math>1.7<sup>b</sup></b>	<b>2079<math>\pm</math>225<sup>b</sup></b>	<b>2225<math>\pm</math>131<sup>ab</sup></b>	<b>177<math>\pm</math>25<sup>bc</sup></b>
<b>Plantains</b>				
Africa	75.8	1433	1625	232
Dominico	76.4	1653	1891	237
Dominico Harton	76.7	1842	1965	161
Harton	75.7	1904	1987	148
Cubano blanco	74.9	1822	1995	151
Harton Maqueño	75.2	1974	2383	167
<b>promedio <math>\pm</math> std (n=30)</b>	<b>75.7<math>\pm</math>1.7<sup>c</sup></b>	<b>1816<math>\pm</math>157<sup>c</sup></b>	<b>1990<math>\pm</math>200<sup>a</sup></b>	<b>175<math>\pm</math>47<sup>c</sup></b>

Dado la dificultad de análisis, debido al gran número de clones estudiados, se seleccionaron algunos de los parámetros, los más pertinentes para la interpretación de las diferencias varietales (parámetros que presentaron después del análisis estadístico una diferencia significativa al 95%) (Tabla 8).

El viscoamilograma de cada variedad permite evaluar la temperatura de inicio de hinchamiento de los gránulos de almidón (temperatura a la cual se puede observar un inicio de incremento de la viscosidad), esta temperatura llamada temperatura de empastamiento, *Temp* ("pasting temperature"), varía entre variedades de 66,5°C hasta 77,4°C respectivamente para Tafetán Morado y Dominico Hartón.

El análisis estadístico de la temperatura de empastamiento de las harinas, permite diferenciar con un nivel de confianza de 95% los bananos de postre de todas las otras musáceas, agrupándolas en tres clases. Los híbridos de FHIA de postre se comportan de la misma manera que los plátanos de cocción fuera del grupo plantain, con una temperatura de empastamiento superior al de los bananos de postre. Los híbridos de cocción FHIA 20 y 21 pertenecen al mismo grupo que los plátanos del grupo plantain con una temperatura de empastamiento aún superior.

Banano de postre (*Temp* promedio = 69,5°C) < híbridos de postre + plátano de cocción exceptuando al subgrupo plantain (*Temp* promedio = 72,8 °C) < híbridos de cocción + planta in (*Temp* promedio = 75,8°C).

El análisis estadístico de la facilidad de cocción, FC, (tiempo para llegar a la viscosidad máxima – tiempo de inicio del empastamiento) permite visualizar 2 grupos diferenciándolos con un intervalo de confianza de 95%. El primer grupo esta constituido de los bananos de postres + los híbridos de postre + híbridos de cocción. El segundo grupo contiene todos los plátanos de cocción, fuera de los híbridos). Bananos de postre + híbridos FHIA (FC = 236 segundos) > Plátanos de cocción (FC = 183 segundos).

A pesar de ser más difícil de cocinar, las harinas de plátano desarrollan más rápido su viscosidad máxima comparados con los bananos de postre a partir del momento del inicio del empastamiento. Este fenómeno se puede explicar en parte por la temperatura superior necesaria al empastamiento de los almidones de los plátanos de cocción y por una temperatura superior para llegar al máximo de viscosidad.

No se conoce a la fecha, ningún estudio en la literatura reportando estos datos.

No se encontraron correlaciones entre la viscosidad máxima en el pico o la temperatura en pico máximo debido a una variación del contenido de almidón de las diferentes harinas. Se conoce que variando la concentración de las suspensiones de harinas varía la viscosidad máxima así como el tiempo para llegar a la viscosidad

máxima (Al bajar la concentración se disminuye el valor de la viscosidad máxima y se incrementa el tiempo para llegar al pico) (**Kayisu *et al.* ; 1981**), (**Lii *et al.* ; 1982**).

### **Relacion entre la percepción de los consumidores y los análisis fisicoquímicos y funcionales**

#### **Consumo casero.**

Todos los bananos de postre tienen MS muy baja (alrededor de 27%), lo cual explica la preferencia por su consumo en fresco. No se encontraron variedades con alta materia seca que se puedan consumir crudos, ni variedades de banano que se consuman crudos en estado de madurez verde. El consumidor prefiere una pulpa suave y dulce para consumo en fresco.

Para las musáceas consumidas en verde y procesados, las formas de consumo mas comunes son la cocción en agua y en aceite.

Teniendo en cuenta que a mayor cantidad de agua en fresco se absorbe mayor cantidad de aceite en el proceso de fritura, la MS inicial más alta, es la más adecuada para este tipo de procesos y la calidad sensorial y nutricional del producto final. Adicionalmente el costo de producción de los productos fritos depende fuertemente del contenido final de aceite, de 30 a 40%. (**Díaz *et al.* ; 1999**), (**Vitrac *et al.* ; 2002**).

El estudio permitió destacar las variedades de mayor MS. En este grupo se encuentra todo el subgrupo plantain + el híbrido FHIA 21 y el Pelipita del grupo ABB. Esto confirma los resultados obtenidos por **Quintero y García (2008)** quienes reportan preferencias de esos clones para elaboración de productos fritos.

Todos los otros plátanos de cocción fuera de los ya mencionados, son preferidos en verde para cocción en agua en la elaboración de sopas y “sancochos”. Los clones de baja materia seca como los híbridos FHIA de postre y el Guineo son conocidos por perder rápidamente su consistencia en la cocción en agua y algunos de ellos se deshacen completamente en la sopa. Los clones Pelipita, Cachaco, Cubano Blanco, Dominico, Dominico Hartón y Hartón, respectivamente con 24,9%; 24,5%; 24,8%; 23,8%; 23,4% y 23,2% de amilosa son mencionados por los consumidores como los mas difíciles de cocinar en agua (sopas) y quedan duros con tendencia a endurecerse aún más después de la cocción durante el enfriamiento. Este fenómeno se puede explicar por la retrogradación del almidón mas pronunciado en los clones de mayor contenido de amilosa (la variedad Pelipita se consume en la zona de estudio en estado maduro para evitar el endurecimiento). Los consumidores manifiestan preferencias por algunos clones tanto por la textura de los trozos cocidos como también por los colores, sabores y aromas de los caldos obtenidos.



El clon Cachaco es preferido para la producción de harinas para la elaboración de coladas para los niños (aspectos nutricionales y culturales).

El estudio de laboratorio se realizó únicamente para plátanos y bananos en estado de madurez verde. A pesar de esto el estudio socioeconómico reveló que muchas de las variedades estudiadas son preferidas en estado maduro, tanto en la cocción en agua como en productos fritos u horneados. Las variedades Guayabo, Cubano Blanco, Hartón, Dominico, Dominico Hartón, Mareño y Pelipita son las más representativas. Estudios de productos procesados a partir de frutos maduros tienen que ser implementados para tomar en cuenta las preferencias de los consumidores y evaluar la diferencia varietal (color, contenido de azúcar, textura, sabores y aromas).

El estudio socioeconómico demostró también que el único clon utilizado en fermentación en estado avanzado de maduración es el clon Guineo del grupo AAA. Nuevos estudios complementarios deberían ser emprendidos sobre este clon para evaluar el sistema enzimático amilolítico y la digestibilidad de su almidón. Este clon podría ser el mejor candidato para la producción de alcohol debido a su aptitud a la fermentación (**Gensi-Mafara, R., et al. ; 2000**).

Estudios complementarios sobre las preferencias de los consumidores para un tipo particular de consumo deben ser llevados a cabo para entender mejor la adopción de los clones por parte de los cultivadores y consumidores.

### **Usos industriales**

En Colombia se produce principalmente a nivel industrial, productos fritos (chips, moneditas, patacones) y harinas para coladas a partir de los clones Dominico Hartón, Dominico, Hartón, Guayabo y Pelipita. Para posicionar un plátano en el mercado industrial en Colombia, este debe tener un porcentaje de cáscara inferior a 39%, sin tomar en cuenta el vástago. Las variedades Pelipita, FHIA 20 y Cachaco tienen entre el 40 y 45%, lo cual es una desventaja industrial enorme por la pérdida de materia prima (poca pulpa) y la generación importante de desechos agroindustriales. A pesar de esto el clon Pelipita debido a su altísima materia seca esta utilizado en Colombia en los procesos de fritura industrial. Los clones FHIA de postre son aún más difíciles de posicionar en los clones industriales con un contenido de cáscara 45 y 50%. También para los industriales las variedades que tienen mayor interés son las de mayor diámetro y longitud. En esta categoría el plátano

Cubano Blanco podría ser una variedad con futuro industrial, junto a las usadas en la actualidad. Los clones Hua Moa y África de diámetro excepcionalmente grande, a pesar de sus pocas productividades, podrían ser clones de importancia para la producción de “moneditas” de gran diámetro. En la figura 2 se confirma que los clones industriales son los de mayor MS, entre 35,1 y 45%.

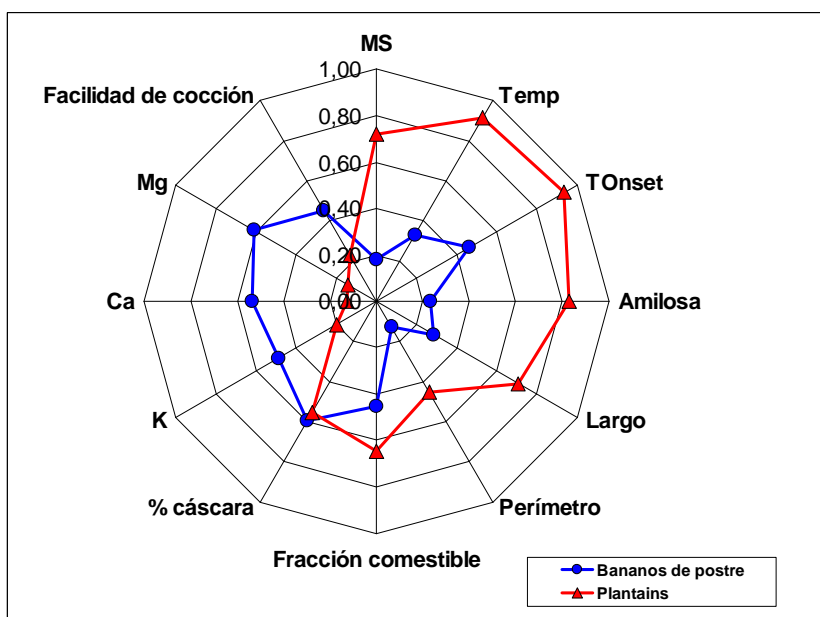
El estudio permitió también demostrar que las variedades FHIA 21, África y Cubano Blanco, variedades que en la actualidad no tienen uso industrial en Colombia, se encuentran en ese grupo con un valor de MS de 36,3% ; 37,4% y 43% respectivamente. Estas variedades podrían ser una oportunidad de diversificación del cultivo para fines de procesamiento de productos fritos.

Además de los criterios estudiados se debe completar el estudio con otros análisis tal como el contenido de azúcar en verde y en maduro (Brix), el control de la maduración, el pardeamiento enzimático después del pelado, el transporte y la conservación en fresco del plátano pelado. Tomando en cuenta los criterios antes mencionados es necesario realizar estudios complementarios sobre las variedades con potencial industrial.

## **CONCLUSION**

El estudio muestra una gran diferencia varietal y permite establecer una correlación entre las formas de consumo y las características físico-químicas. Se destacó una diferencia entre plátanos de cocción y bananos de postre, particularmente tomando en cuenta los criterios de materia seca, contenido de minerales, contenido de amilosa, temperatura de gelatinización y de empastamiento así como la evaluación de la facilidad de cocción.

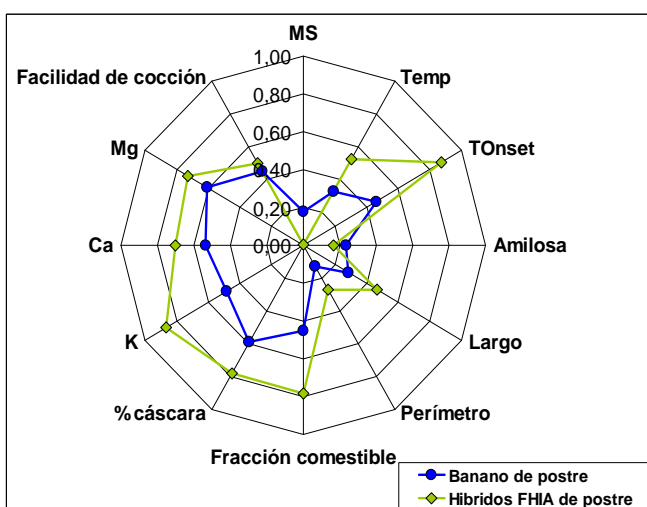
Normalizando estos criterios entre 0 y 1, utilizando los extremos como límites, se puede representar en graficas de radares los criterios mencionados para visualizar las diferencias entre los diferentes grupos genéticos y las formas de consumo (**Figura 6**). Entre banano de postre y Plantains se puede apreciar una gran diferencia en morfología, pero mas que todo en las propiedades fisicoquímicas de la pulpa. La Materia seca es mucho más alta para el grupo Plantain, los minerales (Potasio, Calcio, Magnesio) son más altos en los bananos de postre que en los plátanos. Una diferencia grande se puede apreciar en torno a las propiedades físicas y reologicas del almidón. La proporción de amilosa es mas alta en los plátanos y el almidón de los plátanos necesita mas energía para hidratarse (temperatura de empastamiento y de gelatinización).



**Fig 6a.** Representación radar de las características de los bananos de poste (●) y Plantains (▲)

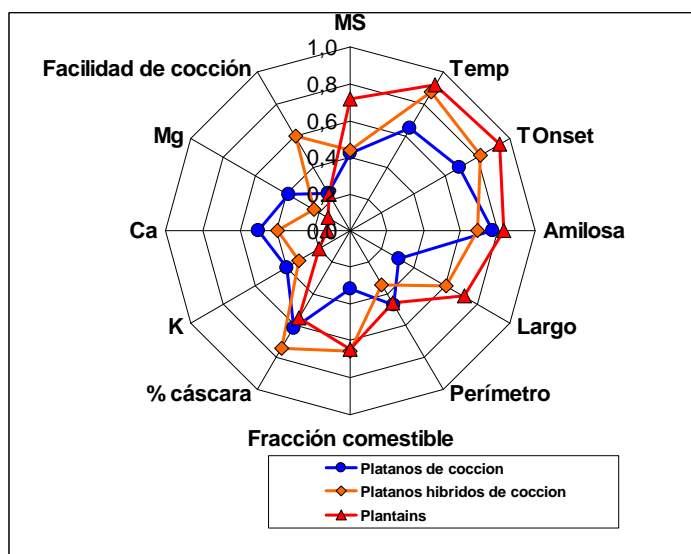
El tipo de representación en forma de radares, permite visualizar en una misma grafica, las diferencias existentes entre variedad y permite predecir en base de todos los criterios la forma de consumo la más adecuada para una variedad dada.

En las figuras 6b y 6c se puede apreciar las diferencias entre los bananos de poste (●) y los híbridos FHIA de poste (◇) (Figure 6b) y los plátanos de cocción (●), híbridos FHIA de cocción (◇) y el subgrupo Plantain (▲) (Figure 6c).



Los bananos FHIA de poste, a pesar de tener una Materia seca inferior y proporción de cáscara más alta, tienen una productividad superior (fracción comestible por planta). La pulpa es ligeramente mas difícil de cocinar (Temp et Tonset) superior y tienen un contenido de minerales superior a los bananos tradicionales.

**Figure 6b:** Características de los bananos de poste estudiados.



Para los plátanos de cocción, también se aprecia las diferencias significativas entre grupos. El sub-grupo Plantain, tiene la materia seca, la temperatura de empastamiento, la temperatura de gelatinización (Onset), el contenido de amilosa, así como los criterios morfológicos, los más grandes de todos los tipos de plátanos estudiados. Los Híbridos FHIA de cocción presentan un perfil muy similar, exceptuando el porcentaje de cáscara, de tamaño y de facilidad de cocción.

**Figure 6b y 6c:** Características de las musáceas estudiadas.

El estudio realizado, permitió desarrollar nuevas herramientas para profundizar el conocimiento de los frutos de musáceas y en base de estos análisis permite predecir la forma de consumo la más adecuada para una variedad dada.

## **AGRADECIMIENTOS**

Para la caracterización de la materia prima, numerosos estudiantes en el marco de sus respectivas tesis de pre-grado, Maestría y Doctorado en ingeniería de procesos de la Universidad del Valle, Cali y Procesos agroindustriales de la universidad San Buenaventura de Cali, Colombia, participaron al estudio. **Eduardo Álvarez, Francisco Javier Castellanos, Karina Lorena Castillo, Ximena Lopez Plaza, Juan Carlos Lucas Restrepo, Igor Pérez, Ana Maria Torres.** La Corporación VallenPaz, Cali, Colombia y en particular **Nancy Domínguez, Carlos Olmes Varela, "Ucia", Clara Inés Medina** quienes permitieron hacer el enlace, con los productores del norte del departamento del Cauca. **Silverio González**, Director de FEDEPLATANO, permitió conseguir la materia prima procedente del Departamento del Quindío. La Universidad de Caldas, suministro los clones originarios del Departamento de Caldas, Finca Montelindo. La Universidad del Valle, el CIAT y el CIRAD proporcionaron los fondos y los laboratorios necesarios a la realización del estudio. Los autores quieren agradecer de manera especial todos los agricultores quien participaron poniendo a disposición los racimos y sus conocimientos de la variedades, las mas difíciles de conseguir, y sin los cuales el estudio presentado no tendría tanto impacto. **Muchas gracias a todos.**

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. **Aboua, F. 1994.** Effect of home food processing methods on the nutritional value of plantains in Cote d'Ivoire. *Tropical Science*, 34 (3), 274-281.
2. **Aked, J., Kyamuhangire, W., 1996.** Postharvest aspects of highland bananas in Uganda. *Tropical Science*, 36 (1), 54-64.
3. **Almazan, A. M., 1990.** Influence of plantain and cooking banana cultivar and ripeness on processed product quality. *Journal of Food Quality*, 13 (5), 351-359.
4. **Arcila Pulgarín, M.I., 2002.** Aceptabilidad por el consumidor de los plátanos África 1 y FHIA-21 en el departamento del Quindío, Colombia. Reunión ACORBAT, Cartagena de Indias (COL), 2002/10/27-11/02, AUGURA, Medellín (COL), 578-581. [http://musalit.inibap.org/pdf/IN030097\\_es.pdf](http://musalit.inibap.org/pdf/IN030097_es.pdf)
5. **Baiyeri, K.P., Tenkouano, A., 2008.** Fruit characteristics and ripening pattern of ten Musa genotypes in a sub-humid. *Fruits*, 63 (1), 3-9.
6. **Baiyeri, K.P., Mbah, B.N., Tenkouano, A., 2000.** Yield components of triploid and tetraploid Musa genotypes in Nigeria. *Hortscience*, 35 (7), 1338-1343.
7. **Bakry, F., Carreel, F., Jenny, C., Horry, J.P., 2009.** Genetic Improvement of Banana. –Eds. Jain, S.M., Priyadarshan, P.M., Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species. Springer, Dordrecht, pp1-50. (In press)
8. **Bainbridge, Z., Tomlins, K., Wellings, K., Westby, A., 1996.** Methods for assessing quality characteristics of non-grain starch staples Natural Resources Inst., Chatham (United Kingdom), 1996, 4 volumes in case; Part 2. Field Methods ; Part 3. Laboratory Methods.
9. **Cable, W. J., 1983.** Cooking bananas of Samoa. *Fruits*, 38 (4), 351-354.
10. **Cano, M.P., Ancos, B., Matallana, M.C., Camara, M., Reglero, G., Tabera, J., 1997.** Differences among Spanish and Latin-American banana cultivars: morphological, chemical and sensory characteristics. *Food Chemistry*, 59 (3), 411-419.
11. **Castrillón Arias, C., Valencia Montoya, J.A., Urrea, C.F., 2002.** Reacción de diferentes materiales del banco de germoplasma de Musáceas al ataque del Picudo negro *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae). Reunión ACORBAT, Cartagena de Indias (COL), 2002/10/27-11/02, AUGURA, Medellín (COL). 90-97. [http://musalit.inibap.org/pdf/IN030010\\_es.pdf](http://musalit.inibap.org/pdf/IN030010_es.pdf)
12. **Coulibaly, S., Nemlin, J.G., N'Guessan Amani, G., 2006.** Isolation and partial characterisation of native starches of new banana and plantain hybrids (*Musa spp.*) in comparison with that of plantain variety Orishele. *Starch/Stärke*, 58 (7), 360-370.
13. **Crosbie, G.B., Ross, A.S., Moro, T., Chiu, P.C., 1999.** Starch and protein quality requirements of Japanese alkaline noodles (Ramen). *Cereal Chemistry*, 76 (3), 328-334.

14. **Da Mota, R.V., Lajolo, F.M., Ciacco, C., Cordenunsi, B.R., 2000.** Composition and functional properties of banana flour from different varieties. *Starch-Stärke*, 52 (2-3), 63-68.
15. **Dadzie, B.K., Orchard, J.E., 1996.** Post-harvest criteria and methods for routine screening of banana/plantain hybrids International Network for the Improvement of Banana and Plantain INIBAP , Montpellier, FR., IPGRI p3 -10.
16. **Dadzie, B. K. K., Wainwright, H., (1995).** Plantain utilization in Ghana. *Tropical Science*, 35(4), 405-410.
17. **Davey, M.W., Stals, E., Ngoh Newilah, G.B., Tomekpe, K., Lusty, C., Markham, R., Swennen, R., Keulemans, J., 2007.** Sampling strategies and variability in fruit pulp micronutrient contents of West and Central African bananas and plantains (*Musa species*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (7), 2633-2644.
18. **Diaz, A, Trystram, G., Vitrac, O., Dufour, D., Raoult-Wack, A.-L., 1999.** Kinetics of moisture loss and fat absorption during frying for different varieties of plantain. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79 (2), 291-299.
19. **Dufour, D., Giraldo, A., Lopez, X., Castellanos, F.J., Sánchez, T., Fernández, A., Diaz, A. (2007).** Diversidad del plátano de cocción consumido en Colombia. *Alimentos ciencia e ingeniería*, 16 (1), 168-172. Congreso Iberoamericano de Ingeniería en Alimentos. 6, 2007-11-05/2007-11-08, Ambato, Ecuador. [http://www.ciat.cgiar.org/news/pdf/poster37\\_exhibit08.pdf](http://www.ciat.cgiar.org/news/pdf/poster37_exhibit08.pdf)
20. **Dury, S., Bricas, N., Tchango-Tchango, J., Temple, L., Bikoi, A., 2002.** The determinant of urban plantain consumption in Cameroon. *Food Quality and Preferences*, 32(3), 81-88.
21. **Dzomeku, B.M., Osei-Owusu, M., Ankomah, A.A., Akyeampong, E., Darkey, S.K., 2006.** Sensory evaluation of some cooking bananas in Ghana, *Journal of Applied Sciences (PAK)*, 6 (4), p. 835-837.
22. **Eggleston, G. Swennen, R. Akoni, S.S., 1992.** Physicochemical studies on starches isolated from plantain cultivars, plantain hybrids and cooking bananas. *Starch/Stärke*, 44 (4), 21-128.
23. **Englberger, L. A., W., Schierle, J., Marks, G. C., Fitzgerald, M. H., 2003.** Micronesian banana, taro, and other foods: newly recognized sources of provitamin A and other carotenoids. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16 (1), 3–19.
24. **FAO, 1990.** *Études FAO: alimentation et nutrition 47/3.* Utilisation des aliments tropicaux: arbres, Bananiers, 33-41.
25. **Fagioli, F., Landi, S., Locatelli, C. Righini, F. Settimo, R., Magarini, R., 1990.** Determination of elements in biological materials by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry with sampling of a carbonaceous slurry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry (JAAS)*, 5, 519-522.
26. **Ferris, R.S.B., Ortiz, R., Vuylsteke, D., 1999.** Fruit quality evaluation of plantains, plantain hybrids, and cooking bananas. *Postharvest Biology and Technology*, 15 (1), 73-81.

27. **Forster, M.P., Rodriguez, E.R., Martin, J.D., Romero, C.D., 2002.** Statistical differentiation of bananas according to their mineral composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (21), 6130-6135.
28. **Gensi-Mafara, R.; Kyamuhangire, W.; Carasco, J.F., 1994.** Traditional production and characteristics of banana juice in Uganda. - Eds. Adipala, E.; Bekunda, M.A.; Tenywa, J.S.; Ogenga-Latigo, M.W.; Mugah, J.O., African crop science conference proceedings, Kampala Uganda, 1993/06/14-18, 356-359.
29. **Gensi-Mafara, R., Kyamuhangire, W., Carasco, J.F., 2000.** Traditional production method and storage characteristics for banana beer (Tonto) in Uganda. - Eds. Craenen, K., Ortiz, R., Karamura, E.B., Vuylsteke D., First International Conference on Banana and Plantain for Africa, Kampala, Uganda, 1996/10/14-18, *ISHS Acta Horticulturae* , 540, 569-574.
30. **Gold, C. S., Kiggundu A., Abera, A.M.K., Karamura, D. 2002.** Diversity, distribution and farmer preference of Musa cultivars in Uganda. *Experimental Agriculture*, 38 (1), 39-50.
31. **Hardisson, A., Rubio, C., Baez, A., Martin, M., Alvarez, R., Diaz, E., 2001.** Mineral composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife. *Food Chemistry*, 73 (2), 153-161.
32. **Herrera M., J.W., Aristizábal Loaiza, M., 2003.** Caracterización del crecimiento y producción de híbridos y cultivariedades de plátano en una región de Colombia. *Infomusa (FRA)*, 12 (2), 22-24. [http://musalit.inibap.org/pdf/IN040508\\_en.pdf](http://musalit.inibap.org/pdf/IN040508_en.pdf)
33. **Kayisu, K., Hood, L.F., Vansoest P.J., 1981.** Molecular structure of banana starch. *Journal of Food Science*, 46 (6), 1894-1897.
34. **Lemaire, H., Reynes, M., Ngalani, J. A., Tchango Tchango, J., Guillaumont, A. 1997.** The suitability of plantain and cooking bananas for frying. *Fruits*, 52 (4), 273-282.
35. **Lemchi, J., Tshiunza, M., Onyeka, U., Tenkouano, A., 2005.** Factors driving the adoption of cooking banana processing and utilisation methods in Nigeria. *African Journal of Biotechnology (KEN)*, 4 (11), 1335-1347.
36. **Lescot, T., 2008.** La diversité génétique des bananiers en chiffres. *Fruitrop*, 155, 29-33.
37. **Lescot, T., 1993.** La culture du bananier plantain en Colombie et dans les pays andins. *Fruits*, 48 (2), 107-114.
38. **Lescot, T., 1998.** Les bananiers Une diversité méconnue. *Fruitrop*, 51, 8-11.
39. **Lii, C. Y., Chang, S.M., Young, Y.L., 1982.** Investigation of the physical and chemical properties of banana starches. *Journal of Food Science*, 47 (5), 1493-1497.
40. **Mengue Efanden, C.; Temple, L.; Tomekpe, K. 2003.** Sélection variétale par des producteurs du Centre du Cameroun, *Infomusa* , 12, (1), p. 4-8. [http://musalit.inibap.org/pdf/IN030593\\_fr.pdf](http://musalit.inibap.org/pdf/IN030593_fr.pdf)

41. **Mestres, C., Matencio, F. Pons, B. Yajid, M. Fliedel, G., 1996.** A Rapid Method for the Determination of Amylose Content by Using Differential Scanning Calorimetry. *Starch/Stärke*, 48 (1), 2-6.
42. **Morales, H., Belalcazar Carvajal, S., Cayón Salinas, D.G., 2000.** Efecto de la época de cosecha sobre la composición fisicoquímica de los frutos en cuatro clones comerciales de Musáceas en Colombia. Reunión ACORBAT, San Juan (PRI), 2000/07/31-08/04, ACORBAT, San Juan (PRI).
43. **Mosso, K., Kouadio N., Nemlin, G. J. (1991).** Transformations traditionnelles de la banane, du manioc, du taro et de l'igname dans les régions du centre et du sud de la Cote d'Ivoire. *Industries alimentaires et agricoles*, 113 (3), 91-96.
44. **Ngalani, J.A., Tchango Tchango, J., 1996.** Evaluation des qualités physicochimiques du fruit de bananiers d'autoconsommation au Cameroun. *Fruits*, 51 (5), 327-332.
45. **Ngalani, J.A., Tchango Tchango, J., 1998.** Cooking qualities and physicochemical changes during ripening in some banana and plantain hybrids and cultivars. In: V. Galán V.S. (Ed), International Symposium on banana in the subtropics 10-14 November 1997, Puerto de la Cruz, ES. *Acta Horticulturae*, 490, 571-576.
46. **Ngoh Newilah, G., Tchango Tchango, J., Fokou, E., Etoa, F.X., 2005.** Processing and food uses of bananas and plantains in Cameroon. *Fruits*, 60 (4), 245-253
47. **Nowakunda, K., Rubaihayo, P. R., Ameny, M. A., Tushemereirwe, W., 2000).** Consumer acceptability of introduced bananas in Uganda. *Infomusa*, 9 (2): 22-25.
48. **Perez Sira, E., 1997.** Characterization of starch isolated from plantain (*Musa paradisiacal normalis*). *Starch/Starke*, 49 (2), 45-49.
49. **Pillay, M., Ogundiwin, E., Tenkouano, A., Dolezel, J., 2006.** Ploidy and genome composition of Musa germplasm at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA). *African Journal of Biotechnology*, 5 (13), 1224-1232. <http://www.academicjournals.org/AJB>
50. **Pinta, M., 1973.** Méthodes de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux. Détermination des éléments Ca, Mg, Fe, M, Zn et Cu par absorption atomique. *Oléagineux*, 28 (2), 87-92.
51. **Price, N.S., 1999.** Highland bananas in Colombia. *Infomusa*, 8 (2), 26-28.
52. **Qi, B., Moore, K. G., Orchard, J. 2000a.** A comparison of two methods and the effect of cooking time on the extractability of pectin from the cell walls of cooking banana. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 33 (5) 369-373.
53. **Qi, B., Moore, K. G., Orchard, J. 2000b.** Effect of cooking on banana and plantain texture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (9), 4221-4226.



54. **Quintero, D.A., Garcia, V.M., 2008.** Saberes y sabores. El plátano en el norte del Cauca. Proyecto: Estrategias que contribuyan a la competitividad de los mercados de productos de Musáceas cultivadas en Colombia: valor nutricional y nutracéutico, mejoramiento y desarrollo de productos de interés para el sector industrial de alimentos. Informe final, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Sociales y Económicas, Santiago de Cali, Colombia.
55. **Rodríguez Martínez, J.L., Rodríguez Saavedra, A. 2001.** Socioeconomic aspects of plantain cultivation in Colombia. *Infomusa (FRA)*, 10 (1), 4-9. [http://musalit.inibap.org/pdf/IN010187\\_en.pdf](http://musalit.inibap.org/pdf/IN010187_en.pdf)
56. **Steele, A.F., 1997.** Characterisation of starch in Musa fruits. *PhD thesis*. University of bath, pp187.
57. **Suntharalingam, S., Ravindran, G., 1993.** Physical and biochemical properties of green banana flour. *Plant Foods Human Nutrition*, 43 (1), 19-27.
58. **Tchango Tchango, j., Ngalani, J.A. 1999.** Transformations et utilisations alimentaires de la banane plantain en Afrique centrale et occidentale. International symposium, Douala, Cameroon, 1998/11/10-14, INIBAP, Montpellier, France. 361-373. [http://musalit.inibap.org/pdf/IN000001\\_en.pdf](http://musalit.inibap.org/pdf/IN000001_en.pdf)
59. **Tezenas du Montcel, H., De Langhe, E.A., Swennen, R., 1983.** Essai de classification des bananiers plantains (AAB). *Fruits*, 38 (6), 461-474.
60. **USDA Nutrient Data Laboratory Database, 2008.** Bananas, raw, Plantains, raw. [http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list\\_nut\\_edit.pl](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl)
61. **Vigheri, N.M., 1999.** Contribution à l'étude préliminaire de l'influence variétale sur certaines qualités organoleptiques de la bière de banane. International symposium, Douala (CMR), 1998/11/10-14, INIBAP, Montpellier (FRA).
62. **Vitrac, O., Dufour, D., Trystram, G., Raoult-Wack, A.-L., 2002.** Characterization of heat and mass transfer during deep-fat frying and its effect on cassava chip quality. *Journal of Food Engineering*, 53 (2), 161-176.
63. **Voragen, A.G.J., Pilnik, W., Thibault, J.F., Axelos, M.A.V., Renard, C.M.G.C., 1995.** Pectins. In : Food polysaccharides and their applications, Food Science and Technology, 67, edited by Alistair M. Stephen, Marcel Dekker, New-York (USA), 287-339.
64. **Wainwright, H., 1992.** Improving the utilization of cooking bananas and plantains. *Outlook on Agriculture*, 21 (3), 177-181.
65. **Zhang, P., Whistler, R. L., BeMiller, J. N., Hamaker, B. R., 2005.** Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility - a review. *Carbohydrate Polymers*, 59 (4), 443-458.